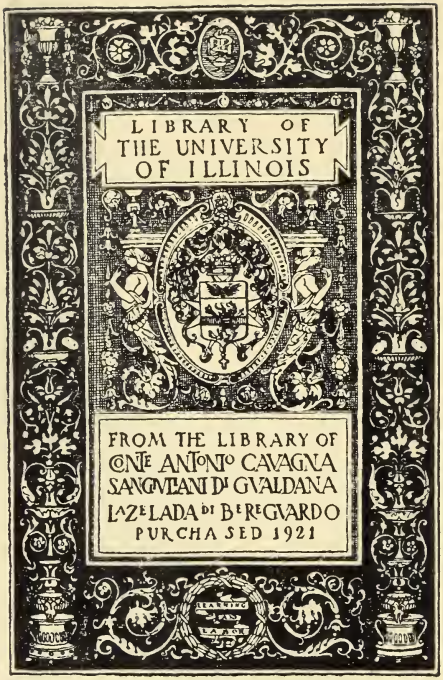

LIBRARY OF
THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
FROM THE LIBRARY OF
CONTE ANTONIO CAVAGNA
SANGUIANI DI GUALDANA
LAZELADA DI BEREGUARDO
PURCHASED 1921

627.2
C48r

Digitized by the Internet Archive
in 2012 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign

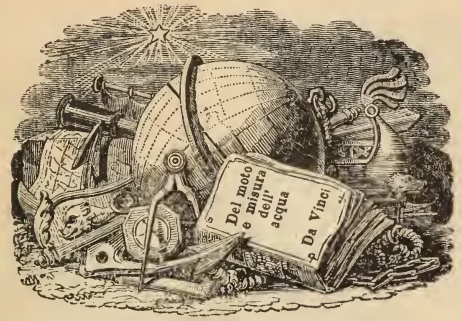
http://archive.org/details/risultatidistudi00cial

M-5-H2 2-3

STUDI

SUL

PORTO DI LIVORNO



FIRENZE
STAMPERIA GRANDUCALE
1853

RISULTATI

DI STUDI IDRODINAMICI NAUTICI E COMMERCIALI

SUL

PORTO DI LIVORNO

E

SUL MIGLIORAMENTO ED INGRANDIMENTO

DEL MEDESIMO

A pari condizioni di legge il commercio fugge gli Stati, i di cui porti sono di cattivo accesso ed incomoda stanza.
. . . . pagina 5.

FIRENZE
STAMPERIA GRANDUCALE
Aprile 1853

C 27.2
C 48 r

AGLI AMATORI

DELLA SCIENZA IDRAULICA

E DEL BENE

DELLA TOSCANA

L'amore della scienza fà che da parecchi anni io mi versi negli studi idrodinamici del litorale italiano de' quali offersi al pubblico qualche saggio. L'asilo gentile e tranquillo ricevuto nel paese che fu culla al gran Leonardo da Vinci mi ha permesso dirigere più specialmente alle spiaggie toscane le mie investigazioni.

Posa pubblica la determinazione di questo provvidentissimo Governo di dare nuovo porto alla bella ed industre città di Livorno, mi sentii spinto a fermare più particolarmente i miei studi a quel lido. Profittando delle note relative a detta spiaggia,

che io possedeva, ed intraprese più speciali ed accurate indagini sul luogo, ne compilai i risultati. Questi, applicati ad un progetto di porto presentato dal sig. ing. Poirel mi persuasero che siffatto progetto per la indole del lido in discorso, non avrebbe raggiunto lo scopo voluto dal Governo; quindi mi parve non inutile rendere di pubblico diritto le osservazioni sugli effetti de' lavori precedenti nello stesso porto, i risultati di appositi esperimenti, le convinzioni cui per questa via sono stato condotto. Ma, saputosi in quel torno che il sullodato cav. Poirel era per proporre un secondo progetto, e sperando che questo si presentasse di felice esito, abbandonai volentieri la ideata pubblicazione, perchè altro scopo non aveva oltre quello di palesare le conseguenze degli accennati studi quante volte queste non fossero d'accordo colla formazione del nuovo porto.

Fatto oggi di pubblica ragione il secondo progetto, ed applicati anche a questo i ripetuti studi, debbo confessare a malincuore di esser venuto alle medesime convinzioni che io ebbi nello studiare il primo. Dopo ciò, indugiare più oltre la ideata pubblicazione in un oggetto di tante gravi conseguenze, sarebbe tradire la mia

coscienza, ed essere ingrato al paese che mi è stato largo di ogni cortesia nell'agevolare le mie investigazioni per la soluzione del difficile problema.

È per lo meno arditezza erigermi a critico in tanta opera; io lo sento pienamente, convinto come sono di mia pochezza: ma studioso amatore della scienza delle acque, non debbo declinare dall'occasione di essere corretto. In una parte però della mia fatica sento bisogno di maggiore indulgenza, e questa è quella dello stile. È voce generale che i marini **non dicono con eleganza, ma dicono il vero:** io sarei contento di appartenere a quelli che possono trovarsi compresi in questo detto: sarebbe superbia molta se desiderassi di più.

Di Firenze 10 Aprile 1853.

Alessandro Cialdi

INDICE

Art. I. Cenno sull'infelice stato del porto di Livorno, e necessità di utile e conveniente miglioramento ed ingrandimento del medesimo . . . . Pag. 1

« II. Costituzione idrografica della spiaggia e costa compresa fra Piombino e la Spezia, e più particolarmente del lido fra Montenero, la Meloria e la foce dell'Arno. . . . . « 9

« III. Durata annua de'venti. Vento regnante e vento dominante. Traversìa del litorale, del lido e quella del porto. Moto de'flutti e direzione di essi . . . . . « 21

« IV. Classificazione delle correnti. Direzione, velocità ed effetti delle medesime . . . . « 35

« V. Materie mosse dai flutti e dalle correnti, ed effetti di esse. . . . . « 47

« VI. Succinta descrizione e breve parere de' principali progetti presentati al Governo per migliorare il porto in discorso, prima della presentazione del progetto Poirel. . . « 69

« VII. Descrizione succinta del progetto Poirel. Applicazione degli studi locali al progetto medesimo, e conseguenti risultati . . » 83

« VIII. Necessità di nuovo progetto che risolva con utilità e convenienza il problema. Analisi di esso . . . . . « 93

« IX. Paralello idrodinamico, nautico, commerciale ed economico fra due de'descritti progetti. Osservazioni generali . . . . . « 115

Appendice. Esame del secondo progetto Poirel. Conclusione. . . . . « 135

ARTICOLO I.

Cenno sull' infelice stato del porto di Livorno, e necessità di utile e conveniente miglioramento ed ingrandimento del medesimo.

1. Come porto frequentato non ávvene altro così pericoloso, incomodo, e per vari titoli dispendioso, come l' attuale di Livorno. La grandezza della bocca non è che apparente, perchè in realtà non lascia che 40 metri di canale navigabile presso la punta del molo per quei bastimenti che pescano soltanto 5 m. e ne lascia 70 m. per quelli di 4 m. d'immersione. E la esposizione e giacitura di questo canale non permette l'approdo ai citati bastimenti che quando il mare è in calma, o poco agitato. Quindi quei legni, che abbracciano il più economico, ricco e generale commercio, non possono essere ricevuti nel porto, e tanto meno, appena il mare è sensibile.

Nè si creda che col mare in moto ed il vento fresco, possano facilmente approdarvi bastimenti di minor portata, perchè il detto canale viene ad essere di molto più ristretto dai bastimenti, che ivi sono ancorati, in guisa che l' entrata si deve praticar fra il molo e la poppa di questi bastimenti i quali, a dar passaggio a quello ch'entra, sono obbligati a mollare

successivamente l' una e poi l' altra delle due cime o gomene a cui sono assicurati, onde sopra possa passarvi il sopravvenuto legno. Qual sia il pericolo, quale l' incomodo di una tal manovra (al tutto impraticabile di notte) è facile immaginarlo. Un momento che fallisca uno de' tanti elementi, che in natura contribuiscono alla direzione di un bastimento, oppure un momento che si tardi dai bastimenti ancorati di mollare le suddette cime da poppa, le avarìe sono generalmente sensibili, e non possono sempre evitarsi. Che se pur vi si praticano de'felici approdi, ne' tempi alquanto cattivi, questi si devono alla bravura e sveltezza de' piloti e marinari del porto, i quali con de' cavi, o corde, a tempo afferrati e ben diretti, frenano e conducono il legno nella retta via. Ma, secondo il giudizio di uno de' più rispettabili consessi sulle cose di mare, *non si deve mai ritener come porto quello, nel quale un bastimento ha di bisogno del soccorso di una corda per entrarvi ed uscirne* (1).

2. Come è apparente la bocca, così lo è la superficie galleggiabile del porto. Difatto la superficie totale del medesimo è di metri quadrati 167881, quella del banco, che ostruisce il centro essendo di m. quadrati 76720, resta la superficie atta a tenere ancorati i legni, che vi frequentano, soltanto di m. quadrati 91161: cioè dodici volte inferiore a quella di Genova, e persino inferiore di quasi un terzo a

(1) Sentenza del consiglio del corpo degli ingegneri di Francia riportata dal distinto idraulico signor di Cessart. *Description des travaux hydrauliques*. Paris 1808, tom. 2 pag. 30.

quella del porto di Civitavecchia che ha fama di piccolo! (1)

3. Mentre per queste ingrate condizioni ha tutti gl'inconvenienti de'*porti-canali*, non ha poi i vantaggi di questi. Imperciocchè la stazione nel porto per la risacca, o sia rimbalzo de' flutti, che i venti da ponente a tramontana vi producono, è causa di avaree non poche aumentate ancora dall'affluenza de'bastimenti e dalla ristrettezza dello spazio galleggiabile. Tutto ciò rende inoltre tarde, incomode e dispendiose le operazioni di carico e discarico; e pel ritardo stesso aumenta sempre più l'ingombro, conseguenza del troppo prolungato soggiorno de'legni nel porto.

4. Il poco fondo, i pericoli e la ristrettezza del porto, fanno preferire l'ancoraggio della rada ad un gran numero di bastimenti, quantunque debbano fare operazioni di commercio colla città; ma il ch. avv. Vivoli, che con improba fatica e perspicacia tanti documenti patrii ha riuniti ne'suoi annali di Livorno, qualifica la rada *stazione aperta, senza riparo, esposta a tutti i venti e pericolosa massimamente nell'inverno.* (2) Difatto i portolani ci dicono che il sorgitore o ancoraggio che giace a due o tre

(1) Si avverte che nell'opera meritamente accreditata di Sganzin, della quale più volte si fa uso in questo scritto, per errore di manuale le scale delle piante de' porti di Livorno e di Genova non sono esatte. Noi per trovare la superficie di questo secondo porto ci siamo serviti di quella esattissima che fa parte della corografia d'Italia, opera vasta che tanto onora la nostra penisola e che rende benemerito il già chiaro nome dell'autore sig. cav. Attilio Zuccagni Orlandini.

(2) *Annali di Livorno.* Epoca XIV tom. 4 pag. 123.

miglia dal porto verso tramontana difeso in qualche parte dalle secche della Meloria, non è egualmente buono in tutta la rada: dalla parte del fanale il fondo è di scogli, in qualche luogo irregolarissimo e formato di prominenze, sopra le quali le gomene si corrodono con i venti da ostro, questi producono grosso mare, che i bastimenti non sufficientemente grossi e solidi temono di sprofondarsi sopra le ancore. In tali casi, non infrequenti, se i detti bastimenti hanno avuto l'avvertenza di porsi ad una data direzione filano o abbandonano le loro gomene o catene, e vanno ad arrenarsi, o dar in secco, presso la torre di Marzocco. Cessato il mare, non senza una sensibile spesa ed anche non senza avaree, possono tornare a galleggiare, ma se essi però non hanno avuta la sorte di far terra presso la suddetta torre sono quasi sempre in gran parte distrutti, col sagrificio anche della vita di qualche individuo! Mentre si è in rada, veruna operazione di commercio si può fare col porto, se il mare non è in piena calma. (1)

Nulladimeno cotesta rada è una preziosa risorsa come luogo di rifugio o di stazione momentanea, e pone per questo possesso la città di Livorno in posizione da poter essere uno de' più grand' empori del Mediterraneo, imperciocchè *non avvi buon porto senza rada.*

Da questo breve esposto risulta adunque dimostrato l'infelice stato dell'attuale porto di Li-

(1) *Nouveau portulan de la Méditerranée* etc. Par Magloire de Flotte d'Argençon, Toulon 1829 tom. 2 pag. 134 e 135.

vorno, e la poco conveniente sua rada per le lunghe stazioni e per le operazioni commerciali.

5. Da altra parte se per lo passato riconoscevasi la necessità di migliorare ed ingrandire il ripetuto porto, questa necessità sentesi oggi tanto di più. Ed invero, per il molto maggior numero di persone che oggi viaggiano per mare, l'umanità e la civiltà comandano, che il porto sia di approdo più facile e comodo che per lo passato. La navigazione a vapore, sempre crescente e che terminerà per formare del Mediterraneo il suo regno, richiede più spazio libero ed a ridosso dalle onde, di quello che abbisognava per i soli legni a vela. La guerra di centesimi che oggi si fa il commercio, vuole che al minimo possibile siano ridotte le spese di operazioni commerciali onde far fronte alle altrui concorrenze. Che anzi avendo questa città perduto il gran traffico che gli dava l'esser' emporio di depositi specialmente per i commestibili e coloniali, e perduto eziandio il vantaggio materiale della legge *Livornina*, e la privativa di quello morale e materiale, che le accordava la legge *Leopoldina*, deve ora nella sicurezza e comodi del suo porto far argine alla concorrenza de' non molto discosti porti italiani, raggiungendo con ciò il buon mercato, legge suprema del commercio. È massima *che il commercio fugge quei Stati i di cui porti sono di cattivo accesso ed incomoda stanza*: il porto di Livorno protetto da speciali leggi ha potuto per lo passato far' eccezione a questa massima, ma in oggi trovandosi a pari condizioni di quelli di altri stati, si va anche in esso

verificando la verità sulla quale la ripetuta massima si posa.

Una città opulenta, grande, bella, sempre crescente in una scala romana e delle più commerciali d'Italia, ha bisogno di migliorare ed ingrandire lo scalo, che dà vita e ricchezza alla sua industriosa popolazione nello stesso rapporto che ha ingrandito e migliorato il materiale delle case e de' palazzi, altrimenti tutte coteste opere diverranno monumento di solo lusso, e senza avere il pregio dell' antichità.

Sperare che delle nuove famiglie vengano a stabilirsi in Livorno senza che il porto possa somministrare loro ulteriori risorse col necessario aumento del commercio, è un assurdo. Prolungandosi questo stato di cose si troverà logico invece l'emigrazione di molte delle famiglie esistenti.

Nè ciò basta: ancor più estese e potenti ragioni consigliano rilevanti miglioramenti nel porto. La strada a guida di ferro che ha posta la città a sole tre ore da Firenze, ne ha formato il porto della capitale, e le altre ferrovie già eseguite o di prossima esecuzione, ne formano e ne formeranno sempre più in grande l'emporio commerciale del Granducato tutto e dell'Italia di mezzo. La sua prossimità all'Arno, il possesso di canali navigabili che serpeggiano fra le sue vie e la pongono in comunicazione interna per acqua col suddetto fiume, sono elementi preziosi di comodo e di economia generale.

Il prodotto de' porti è espansivo. Il comodo ed il buonmercato di essi formano la più gran ricchezza dello Stato perchè vi si pongono a fruttato

tutte le ricchezze del paese; quindi spendere utilmente per essi è spendere per beneficio comune.

In forza dunque del pessimo stato del porto, ed in virtù di tutti questi titoli, non può non riconoscersi la necessità di renderlo utile e conveniente. L'umanità, la civiltà, la vita di Livorno, la ricchezza di Firenze ed il benessere della Toscana tutta lo richiedono.

6. E come si richiede ha inteso di renderlo il provvidentissimo Sovrano quando con Decreto del 13 maggio scorso ne ordinava *il miglioramento ed ingrandimento sulle basi del progetto formato dal cav. Poirel ingegnere in capo nel corpo dei ponti e strade di Francia.* E siccome con saggio consiglio nell'articolo quarto del citato Decreto si scorge incertezza nei felici effetti del progetto Poirel e se ne comandano le *modificazioni* che l'esperienza facesse *riconoscere utili o necessarie nelle primitive disposizioni del progetto* in discorso, così si crede libero il campo di esporre quelle idee e riportare quei fatti che ad opera di tanta mole, e di tanto utile o funesta conseguenza si ritenga possano essere di vantaggio.

7. Le considerabili somme che devono impiegarsi per una intrapresa cotanto grande, e l'immenso interesse che lega la Toscana tutta al suo felice successo raccomandano un profondo studio. Molti esempj di opere di questa natura ci fan sentire « che non si dee riputare saggiamente immaginato o eseguito ciò che ha in se del maraviglioso, ciò che è protetto dalla sola autorità, e da un nome che ab-

bia grido, se fiancheggiato non si trova dalla ragione. » (1) E la ragione in questa opera si basa sulla esperienza locale: e l'esperienza, al cui gran potere le più sublimi teorie s'inchinano, è, come saggiamente rammenta il sullodato cav. Poirel, *indispensable pour rectifier les conceptions de l'esprit, même le plus pénétrant.* (2) Così essendo, la guida che condur ci dovrà a sciegliere quanto di meglio la scienza e l'esperienza oggi forniscono pel nostro soggetto, saranno i fatti, *e nelle scienze di fatto più gli occhi han veduto, più vede la ragione.*

(1) De Fazio, *Intorno al miglior sistema di costruzione di porti*; Napoli 1828, pag. 61.

(2) *Mémoire sur les travaux a la mer.* Paris 1841 pag. 26.

ARTICOLO II.

Costituzione idrografica della spiaggia e costa compresa fra Piombino e la Spezia, e più particolarmente del lido fra Montenero, la Meloria e la foce dell'Arno.

8. I porti adunque costituiscono il fondamento della prosperità commerciale delle nazioni, e siccome richieggono enorme spesa per la loro costruzione, così la scelta del luogo e la forma e la disposizione delle opere vogliono essere sottoposte ad un rigoroso calcolo di paragone. Con questa ricerca giungeremo a distinguere le condizioni essenziali da quelle meno necessarie, specialmente quando non possono tutte interamente conciliarsi, come nel caso nostro si presenta.

9. È noto che le qualità principali di un buon porto devono essere:

1.° Facilità di entrata ed uscita con tutti i venti o almeno con tre quarti de' 32 rombi:

2.° Conservazione del massimo fondo dell'acqua col minor possibile sagrificio:

3.° Conveniente tranquillità, e buona tenuta:

4.° Comodi economici per le operazioni commerciali:

5.° Benintesa economia di spesa in rapporto col beneficio che si raggiunge.

10. Per scorgere se il nuovo porto che si vuole dare alla città di Livorno conseguirà queste necessarie condizioni, è d'uopo cominciare dallo studio della indole e della configurazione del luogo. Quivi, diremo col nostro illustre Cavalieri, quivi convien che si studi di mettere a profitto le naturali disposizioni del sito, di supplirne le mancanze, e di emendarne i difetti con opere avvedutamente stabilite e combinate, onde ottenerne un porto in cui si adempino le varie condizioni volute (1).

11. La nostra prima ricerca è stata quella di conoscere se veramente siavi stato o nò cangiamento sensibile di livello nel mare che bagna il nostro litorale, ma dopo accurato esame delle opere che accennano o trattano di questo importante argomento fisico-geografico, ci siamo convinti esser pel caso nostro trascurabile un tal cangiamento, perchè, se esiste, è ben insensibile. Nulladimeno in prova del nostro asserto noteremo che se lo Zendrini, uno de' padri della moderna scienza idraulica, lo ammette, l'erudito geologo Paoli ed il distinto geografo Repetti lo escludono. Il primo dice « quanto a Viareggio sia cresciuta la superficie del mare non può ben costarmi, ma al certo tal aumento non può essere minore di un braccio (metro 0,58) e forse più se i luoghi terreni di alcune case, situate non

(1) *Istituzioni di architettura statica e idraulica.* Mantova 1831 § 786.

lungi dalla fossa, e dal torrione, sono quasi affatto perduti, perchè sempre annegati, il che al certo nei tempi addietro non sarà succeduto; e pure tali fabbriche non sono molto antiche: onde concludentemente si raccoglie che il mare al presente riesce più alto di quello fosse in passato: e che il ritiro che fa, nasce dal ristringersi il vaso, perlochè è obbligato a salire più alto nelle sue maree. (1) Quantunque il fatto riportato dallo Zendrini sussista, la conseguenza che questi ne deduce e che il Targioni approva, viene dimostrata erronea dal Paoli. Dalle ricerche di questi si raccoglie doversi un tal fatto all'avvallamento parziale del terreno e non all'inalzamento del livello del mare; altrimenti, per i confronti fatti in seguito con altri punti, sarebbe in opposizione colla legge principale dell'idrostatica. Sino ad oggi è da lui provata l'invariabilità del livello del Mediterraneo. (2) Il Repetti si mostra quanto il Paoli sicuro e dice che dal secolo di Augusto fino al secolo di Leopoldo non appariscono variazioni sensibili nel livello de' nostri mari. (3)

12. Camminano per altro, diremo collo stesso Repetti, camminano assai diversamente le bisogna in quanto spetta al ritiro delle onde marine dalla spiaggia toscana, e al prolungamento del suo litto-

(1) *Relazione che concerne il miglioramento dell'aria e la riforma del porto di Viareggio:* nella raccolta d'autori italiani che trattano del moto dell'acque. Bologna 1826 Tom. 10 pag. 37.

(2) *Del sollevamento e dell'avvallamento di alcuni terreni.* Pesero 1838. pag. 9 e seguenti.

(3) *Dizionario geografico, fisico, storico della Toscana*, al vocabolo litorale toscano. Firenze 1835, V. 2. pag. 704.

rale nel giro di pochi secoli in molti luoghi, ma con diversa misura accaduto. « Basterà, dice Egli, basterà di dare un occhiata al periplo dell' Italia antica per convincersi che la posizione delle Maremme toscane più vicine al lido fu già un fondo di mare, stato aggiunto al continente della penisola in un epoca che la geologia suole appellare *recentissima*, perchè è l' opera naturale, costante, progressiva dell' abbassamento de'monti, e delle materie che le acque correnti seco trascinano col rialzare la sottoposta pianura, ed accrescere la spiaggia a furia di *tomboli o dune* parallele fra loro, e così respingendo sempre più lungi le acque del mare. » (1)

Noi restringeremo le nostre ricerche al tratto di litorale che può avere diretta influenza sul porto di Livorno ed in ciò fare saremo anche brevi il più compatibile, rinviando il lettore per maggiore e più sviluppate notizie sull' argomento, al Dizionario geografico del sullodato Repetti. Noteremo in oltre che nel presente articolo tratteremo solo dello stato della costituzione idrografica del lido, rimettendo all' articolo quinto lo studio degli effetti di questa costituzione più specialmente diretto a mostrare la natura del posto che occupa il porto di Livorno.

13. L' andamento idrografico che si estende da porto Barato, presso Piombino, alla punta Corvo, presso il golfo della Spezia, corre, partendo dal primo punto, il rombo di tramontana 19.° maestro passando fra Livorno e la Meloria; e misura fra i due punti estremi 67 miglia marine. Livorno siede nel mezzo.

(1) Opera citata vol. 2.° pag. 548.

14. A sinistra ed a destra il litorale forma due segmenti di circolo o seni, approssimativamente regolari ed eguali, aventi il primo 5 miglia di saetta o freccia, e l'altro 6: quindi Livorno forma capo. L'intero tratto non ha che undici miglia di costa presso ed a sinistra di Livorno, formata dai monti livornesi, di piede poco elevato, protratto sotto acqua, e quivi abbondante di vaganti arene ed alighe marine: il rimanente, spiaggia sottile e progredente in mare tanto a sinistra che a destra de' detti monti. Il tratto di costa compreso fra torre Calafuria, alla falda di Montenero, sino a Livorno trovasi sempre più abbondante di alighe quanto più si avvicina al porto.

15. La spiaggia sinistra, come abbiamo accennato, progredisce in mare, ma, secondo osserva il Repetti, con andamento poco sensibile: ed il tratto di costa che costituisce il lembo marittimo dei suddetti monti livornesi non offre indizio di alterazione sensibile nella sua ripa. (1) Noi abbiamo osservato che questo lato di sinistra prossimo a Livorno, per la costituzione della sua sponda, e per essere più scoperto ai venti del largo di quello destro, fornisce ai flutti ed alle correnti masse maggiori da trasportare verso Livorno di quello ch'esso ne conservi. Ivi nelle grandi tempeste i flutti zappano piuttosto che formano le rive di arena e di alighe, e la risacca trae seco discendendo sul piano inclinato della sponda più alluvione di quello che possa ricondurvi il fran-

(1) Dizionario citato al vocabolo litorale pag. 705, 706 e 707.

gente: quindi in forza di questo lavoro, i materiali sono molto più lungo tempo tenuti in sospensione e per ciò la massa maggiore di essi deve viaggiare lungo il lido.

16. La spiaggia a destra è più progressiva in mare della sinistra per lo sbocco del Calambrone, dell' Arno, del Serchio, e per essere, a parer nostro, il termine e il deposito delle materie convogliate da sinistra a destra dai flutti e dalle correnti, come vedremo, a suo luogo. Intanto quì noteremo che il Calambrone sbocca molta torba a due miglia circa da Livorno, l' Arno a miglia 8 ¼ ed il Serchio a 14.

17. Le secche e banchi della Meloria sono framisti di alighe, arena e melma. La stessa costituzione ha in genere tutto il litorale di cui si parla e sino a 5 miglia almeno dalla riva in fuori. Per il lido livornese tutto ciò rilevasi dagli scandagli dell'accurato *Plan de la rade de Livourne, levé en* 1846 *par MM. Le Bourguignon-Duperré et Bégat ingénieurs etc. Publié au Depôt général de la marine en* 1848. E per il tratto più a sinistra, cioè a sopravento, non compreso in questo piano si trovano utili dati nella citata opera del Repetti ed in una dotta Memoria dell' esimio commendatore Manetti, direttore generale del corpo degli ingegneri toscani. In questa si legge che in detta spiaggia le alighe triturate in frammenti minutissimi dopo svelte dal fondo del mare *vengono in grandi masse spinte al lido.* (1)

(1) *Sulla sistemazione delle acque della Val di Chiana e sul bonificamento delle Maremme.* Firenze 1849.

18. Si vedrà in seguito sempre più chiaramente dimostrato come i moti ondosi ed il giuoco delle correnti zappano e trasportano le suindicate materie, e come in molta maggior quantità vengono convogliate da sinistra a destra, quindi tutta la linea rigorosamente parlando è di natura importuenze.

19. In questo stato di cose, la buona riuscita del lavoro dipenderà più dall'accurato studio della costituzione del lido, che da un ben delineato concetto. Ed invero, in un luogo ove le acque non hanno alcuna materia in sospensione, e dove il fondo non è suscettibile di corrosioni, la disposizione e struttura de' moli per costituire un buon porto non dipende principalmente che dalle considerazioni nautiche, commerciali e militari. In questo caso, conoscendo la direzione de' venti nelle tempeste, la profondità dell'acqua, l'estensione dell'ancoraggio o zona di stazione necessaria al massimo numero dei bastimenti di una data grandezza ai quali convenga e possano frequentare il porto, si perviene facilmente, da una mente esercitata nelle grandi opere idrauliche, a circoscrivere convenientemente il campo per i suindicati bisogni, ma noi non siamo in questo fortunato caso. L'ingrata costituzione del posto ci obbliga a percorrere spinosi sentieri per raggiungere la meta. « La questione (si legge in una delle migliori opere francesi che trattano della struttura e costruzioni de' porti di mare) la questione si complica al più alto grado nelle rade e porti le di cui acque tengono sospese delle materie ostruenti, o siano per tenerne in seguito della disposizione

stessa de' moli. Perciocchè in mare un opera qualunque, sporgente o isolata, necessariamente modifica la indole delle correnti, quella delle maree, l'azione de' flutti nelle procelle, e la situazione delle zone di acque stagnanti e calme. Da queste modificazioni possono risultare; sia un aumento più rapido negli interrimenti esistenti, sia lo spostamento di essi in altri punti, sia ancora *le formazioni d' interrimenti in una rada o porto ove avanti la costruzione del molo non esistevano.* È anzi presumibile che le zone di ancoramento attigue all' interno di detti moli, precisamente perchè esse sono le più calme, saranno le più soggette agli interrimenti. » (1)

« Da queste sventure, ci dice il chiaro Afan de Rivera, da queste sventure rifugge lo sguardo di alcuni de' moderni costruttori, i quali sperano che non abbiano effetto o per lo meno non si rendano gravi durante la loro vita: e fatti audaci dalla sicurezza di non poter essere prontamente puniti della loro colpevole ignoranza, prescelgono il modo più facile di esecuzione, e menano vanto di aver renduto perfetto il porto per la sua tranquillità » (2).

20. Termineremo questi avvertimenti con un altra eccellente massima dedotta dalla sopra citata opera francese. « Se d' altronde si considerano le difficoltà tecniche dell' esecuzione e del manteni-

(1) *Programme ou résumé des leçons d' un cours de constructions*, etc. Ouvrage de feu M. J. Sganzin, quatrième édition, enrichie par M. Reibell. Paris 1840, tom. 2 pag. 316.

(2) *Del bonificamento del Lago Salpi coordinato a quello della pianura della Capitanata.* Napoli 1845 § 138, pag. 479.

mento, l' enorme spesa di qualcuna di queste opere, (*la digue de Cherbourg aura côuté plus de* 18,500 *fr. le mêtre courant*), *on reconnaîtra que l' on* ***ne saurait apporter trop de circonspection dans l'étude et l'examen des projets de brise-lames et de môles. Le concours des armateurs, des pilotes et des hommes de mer expérimentés y est plus nécessaire encore que pour des projets de jetées.*** » (1)

La necessità di essere assistiti dagli uomini pratici di cose di mare e della località è stata riconósciuta non solo dagli autori del suddetto libro, ma da tutti quelli che hanno trattato di questi lavori. I marini, diceva l' illustre C. Dupin, i marini rappresentano l' interesse il più generale ed anche il più *importante* per tali opere. (2) Ed i Governi hanno pur essi riconosciuta questa necessità. Quello di Francia per esempio, dopo aver restaurato l' antico e piccolo porto di Algeri ha voluto crearvi un porto militare adatto a ricevere bastimenti di alto bordo. Diversi progetti furono successivamente presentati dagli ufficiali di marineria e dagli ingegneri: quello dell' ingegnere sig. Poirel incaricato dei lavori del porto di Algeri venne prescelto, ma, dice il Poirel, in virtù del parere emesso da uno de' più abili

(1) Sgazin e Reibell opera citata tom. 2 pag. 318.

(2) *Rapport fait a la Chambre des Pairs au nom d' une commission spéciale chargée de l' examen de projet de loi relatif à l' amélioration des ports*, inserito negli annali marittimi e coloniali numero di agosto 1844 alla parte scienze ed arti pag. 384.

ingegneri de' lavori marittimi, sig. Bernard, *appuyé de l'autorité de plusieurs officiers supérieurs de la marine royale*, la direzione del molo principale e la disposizione del porto venne sensibilmente cambiata. E quantunque questa nuova direzione veniva a rendere il nuovo molo più esposto ai violenti attacchi de' flutti di quello che lo sarebbe stato col progetto dell' ingegnere, pure si eseguì senza replica quanto la marineria aveva riconosciuto più vantaggioso per la pratica della navigazione. (1) Tanto è il peso del parere de' marini in queste opere.

Il citato governo, ha voluto inoltre dare a Marsiglia un nuovo porto come oggi dal governo toscano si vuole dare a Livorno. « *Di tutti i progetti proposti non avvene avuto altro più ingegnoso di quello del* sig. Bernard, ispettore generale de' ponti e strade. La di lui idea venne dagli ingegneri trovata *heureuse, cependant elle n' eut point l' assentiment des marins du port, quindi si rinunciò a quel progetto.*

« Cosicchè le principali disposizioni di queste opere esterne (di moli o antemurali) come ancora della maggior parte di quelle de' porti *non possono essere deliberate,* ***arrêtées,*** *che di concerto con i marini, ed anche con gli ufficiali di terra e di mare, riguardo alla difesa delle coste.* » (2).

(1) Poirel, opera citata pag. 98 e 99.

(2) Minard, *Cours de construction des ouvrages hydrauliques des ports de mer, professé à l'école des ports et chaussées.* Paris 1846 pag. 57, e 83.

21. Le nostre prime riflessioni, nella compilazione di questo scritto, si sono basate sopra tutto ciò ch'è relativo ai bisogni nautici, e a ciò che concerne i lavori idraulici. Quindi, e per i consigli delle riportate autorità, e per nostra convinzione gli uomini pratici sono stati la nostra guida non perdendo però di vista i principii della scienza delle acque. Ed invero « il puro e semplice pratico architetto d' acqua si mette a pericolo d' ingannarsi ogni qualvolta intraprende una operazione dove variano le circostanze, alle quali d' uopo è aver riflesso; e come queste spesse volte si cangiano, così non è meraviglia se spesse volte riescono inutili, se non anche dannose, certe operazioni d' importanza affidate a puri pratici. *La pratica senza la teoria è cieca*, come riflette il Guglielmini. (1) *N'attendez rien du praticien borné et dépourvu de principes: conduit par une routine aveugle, il vous montrera sans nécessité, ou à son insu, le même fait sous différentes faces; ou il assemblera au hazard plusieurs faits dont il lui sera impossible d'expliquer les différences individuelles.* (2)

In tanta necessità di aver uomini competenti, ci consola il conoscere che in questa classica parte della nostra Italia non avvene penuria, e noi ci siamo dato cura di far tesoro delle loro cognizioni.

(1) Zuliani, *Dissertazione sopra il quesito. Quali vantaggi o danni, e in quale stato d'acqua produca nel sistema generale d'un fiume la moltiplicità de'suoi sbocchi in mare. ec.* Raccolta citata. Tom. 12 pag. 111.

(2) Bossut, *Traité théorique et expérimental d' hydrodynamique.* Paris 1797 pag. XXXI.

ARTICOLO III.

Durata annua de' venti. Vento regnante e quello dominante. Traversìa del litorale, del lido e quella del porto. Moto de' flutti e direzione di essi.

22. I moti che hanno luogo sulla superficie del nostro mare sono quelli che richieggono le più accurate ricerche: è da essi che principalmente dipende il successo di un porto. D'uopo e però distinguere i moti del largo da quelli che si verificano presso il lido, e contro le opere idrauliche.

Noi qui non entreremo nell'analisi del moto ondoso, di cui, dopo Leonardo da Vinci, molti altri distinti scienziati hanno trattato, nè ci occuperemo delle ricerche sperimentali di Leonardo stesso, del signor di La Coudraye, di Brémontier, dei Weber, di Emy, di Poncelet, di Virla ed altri: il nostro scopo in questo articolo, ed in altri susseguenti, è quello di conoscere soltanto gli effetti, che il detto moto produce nel lido livornese. Nulladimeno crediamo pregio dell'opera fare la qui appresso digressione.

23. Se giudicar dobbiamo dalle opere pubblicate, siamo condotti a credere, dover far meraviglia veder citato il nome di Leonardo da Vinci parlando del moto ondoso del mare. In verun'opera di nostra

cognizione è stato mai citato, anzi tutti gli autori di esse credono che il gran Newton *est le premier qui se soit occupé du mouvement des ondes.* (1) Eppure due secoli avanti che l' illustre geometra inglese accennasse a questa importante ricerca, il nostro Leonardo nella sua ammirabile opera *del moto e misura dell' acqua* se n' era occupato e seriamente. (2) Ed egli fin d' allora non solo aveva studiato e descritta la formazione e natura dell' onda, ma aveva altresì raccolto e dimostrato una lunga serie di leggi e di fenomeni di questa complicata ed utile parte della scienza de' fluidi; nulladimeno fino ai nostri giorni si crede eziandio, che tutti *ceux qui ont écrit sur les ondes n'ont parlé que des ondes courantes.* (3) Quindi non solo molto prima, ma ben anche con molti più particolari di Newton, di De la Hire, La Place, La Grange, Biot, Poisson, Cauchy, ed altri, il nostro autore si occupò del moto ondoso dell'acqua. Noi non possiamo in questo scritto analizzare sì vasto lavoro; e nella speranza che sapiente penna rivendichi il primato all' Italia anche di questa interessante parte dell' idrodinamica, ci contenteremo riportare soltanto quanto possa, per alcuni lettori,

(1) Emy, *Du mouvement des ondes et des travaux hydrauliques maritimes.* Parîs 1834; pag. V. De la Place, *Suite des recherches sur plusieur points du systéme du Monde:* inserito nelle *Memoires de l'Academie royale des sciens de l'Institut de France anné 1776 pag.* 542. De Montferrier, *Dictionnaire des sciences mathématiques pures et appliquées.* Paris, 1838 tom. 2. pag. 265.

(2) Raccolta citata tom. 10. Rendiamo tributo di grazie all' erudito sig. F. Cardinali per avere pubblicato questo prezioso codice del Leonardo.

(3) Emy, opera citata pag. 1

facilitare l'intelligenza degli effetti del moto ondoso pei studi di cui ora trattiamo.

24. L' *onda*, dice Leonardo, *è impressione di percussione riflessa dell' acqua . . . . . il di cui impeto* (ossia propagazione di moto) *è molto più veloce che l' acqua; perchè molte sono le volte che l' onda fugge il luogo della sua creazione, e l' acqua non si muove dal sito. A similitudine dell' onda fatta il Maggio nelle biade dal corso de' venti, che si vede correre l' onda per le campagne e le biade non si muovono dal loro sito ec.* Questa diffinizione della natura dell' onda non può essere più esatta e chiara; e la similitudine del nostro autore è ripetuta dai più recenti trattatisti di questa materia. (1) Anzi l' ispettore Fèvre ha basato un ingegnoso ed utile lavoro sull' analogìa esistente fra le onde marittime e quelle formate in un campo di grano sommesso all' azione del vento. (2) Il fatto che il moto dell' acqua, nella propagazione orizzontale dell' onda, non sia sempre apparente, come fa rimarcare il Leonardo, oggi si ammette non solo presso il lido, ma anche al largo: *on doit croire que les vagues, même au large, sont animées dans les plus grands vents d' une vitesse horizontale notable.* (3)

25. *L' onda, ovvero l' impeto dell' onda osserva la sua linea infra l' onda immobile fatta nella grandissima corrente dell' acqua, non altrimenti che faccia*

(1) Emy opera citata §. 6. Sganzin e Reibell come sopra pag. 171.

(2) Annales des ponts et chaussées. Paris 1839, premier semestre, pag. 1.

(3) Minard opera citata pag. 14 e 15.

il raggio solare nel corso de' venti ec. Ed invero le onde non alterano il corso naturale delle acque, nelle quali esse si sviluppano; *ainsi un corps flottant à la surface des eaux d'un courant, chemine avec le courant malgré les ondulations superficielles.* (1) Ma questo fatto soffre eccezione contro la corrente de' fiumi, come avverte il chiarissimo ispettore Reibell averlo rimarcato il distinto colonnello del genio Emy (2), ed il nostro autore aveva avvertito *che l' onde rompono contro il corso del fiume, e non mai per il verso del suo corso.*

26. *Tanto fa a muoversi l'onda contro all' altra, quanto a muoversi l' un onda per se nell' acqua immobile. Questa è manifesta per la dodicesima e provasi ancora per l' ottava che dice, molte sono le volte che l' onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si muove dal sito ec.* Ecco la dodicesima.

Se getterai in un medesimo tempo due piccole pietre alquanto distanti l' una dall' altra sopra un pelago d'acqua senza moto, tu vedrai causare intorno alle dette due pietre, due separate quantità di circoli, le quali quantità accrescendo, vengono a scontrarsi insieme; domando, se l' un cerchio nello scontrarsi con suo accrescimento nell' accrescimento dell' altro, esso entra nella sua onda penetrando l' onda dell'altro. Come passa n *in* c *nel medesimo tempo, che* n *passa in* d (*fig.* 6). *Ovveramente se tali loro percussioni risaltando indietro infra eguali angoli. Come se* c *entrando in* n *saltasse in* d; *e così* d *percotendo in*

(1) Sganzin e Reibell pag. 171. Emy §. 7.

(2) Sganzin e Reibell pag. 171.

n *risaltasse in* c. *Questo è bellissimo quesito e sottile. Al quale rispondo, che se il moto dell' impressione dell' acqua fia accompagnato col moto della medesima acqua, come occorrerebbe; se i circoli fossero cagionati da grandissime percussioni, non è dubbio che, ivi creandosi nuovo moto riflesso per la percussione dell' onda, si cagioni ancora nuova impressione in modo, che le prime restano distrutte, e così* c *entrando in* n, *non risalta in* d; *nè* d *percotendo in* n, *risalta in* c; *ma se il moto dell' impressione dell' acqua fia solamente accompagnato dall' impeto, e non dal moto della medesima acqua, dico che* n *passa in* c *nel medesimo tempo che* n *passa in* d. *E la ragione è, che benchè ivi apparisca qualche dimostrazione di movimento, l' acqua non si parte dal suo sito; perchè l' aperture fatte dalle pietre subito si rinchiusero, e quel moto fatto dal subito aprire e serrare dell' acqua fa in lei un certo riscotimento, che si può piuttosto dimandare tremore che movimento. E che quello io dico ti si faccia più manifesto, poni mente a quelle ferbuche, che per loro leggerezza stanno sopra l' acqua, e vedrai, che per l'onda fatta sotto loro per l' accrescimento di circoli, non si partono però dal loro sito; essendo adunque questo tale risentimento di acqua piuttosto tremore che movimento, non si possono più incontrarsi, rompersi l'un l'altro, perchè avendo l' acqua tutte le sue parti di una medesima qualità, è necessario che le parti attacchino esso tremore l' una l' altra senza mutarsi dal loro luogo; perchè stando l' acqua nel suo sito facilmente può pigliare esso tremore dalle parti vicine, e por-*

gerle alle altre vicine, sempre diminuendo sua potenza insino al fine. E perchè in tutti i casi del moto dell' acqua è gran conformità coll'aria, io allegherò per esempio l'aria, nella quale benchè le voci, che la penetrano, si partano con circolari movimenti dalle loro cagioni, niente di meno li circoli mossi da diversi principii si scontrano insieme senz'alcun impedimento, e penetrano e passano l' un l' altro mantenendo sempre per centro le loro cagioni.

Come dall' esperienze fatte da Leonardo, così da quelle ripetute ai nostri giorni risulta adunque che delle ondulazioni possano incrociarsi in tutti i sensi, a similitudine di quelle della luce e del suono senza essere arrestate, ne spezzate l' una dall' altra. (1) *Les ondulations coexisteront en se superposant et se croisant les unes les autres sans s'influencer réciproquement.... sans que leur forme en soit aucunement altérée.* (2)

27. *Il moto rifflesso dell' onda infra l' acqua muta tanti corsi riflessi per qualunque verso quanti sono li obietti vari in obliquità, che ricevono il moto incidente di tal' acqua ec.* Ciò che noi chiameremo col commendator Minard *risacca per riflessione.* (3)

28. *L' onda mai è sola, ma mista di tante onde quante sono le inegualità che ha l' obietto, dove tal onda segue. Questa nasce dalla diffinizione dell'onda ec.*

(1) Sgazin e Reibell, pag. 172. Emy §. 2.

(2) Poncelet. *Notice sur quelques phénomènes produit à la surface libre des fluides etc. etc.* Annales de Chimie et de phisique. Gennaro 1831. pag. 14 e 15.

(3) Minard pag. 22. Sganzin e Reibell pag. 172. Emy §. 71 a 80

Fenomeno della simultaneità di più sistemi di onde per il quale Emy ne fa soggetto di articolo speciale.

29. *Molte onde si possano generare fra la superficie al fondo di una medesima acqua in un medesimo tempo le quali siano voltate a vari aspetti ec.*

Lo studio di queste onde sottomarine rivive a nostri giorni soltanto; per lo innanzi, secondo rimarca Emy, *on ne considérait dans le phénoméne, que les ondes de la surface.* (1)

30. *L'onda del mare rompe contro l'acqua che fugge dal lido, ove è percossa, e non contro il vento che la spinge ec. Quelle que soit l'intensité du vent, elle ne produit que une nouvelle ondulation qui croise celles existentes, et il n'en résulte qu'une ondulation multiple.* (2)

31. *L'impressione de' moti fatti dall' acqua in fra acqua sono più permanenti che l'impressione ch' essa acqua fa infra l'aria.* Un esempio riportato da Brémontier conferma questo fenomeno. Delle pietre di 150 a 1200 libbre vennero trovate *poussées de plusieurs pieds, la mer êtant calme.* Le vere *ras de marée* delle Antille possono anche esse avere analogìa col succitato fenomeno, esse hanno un effetto *très remarquable sans que le vent paraisse y prendre part,* e quantunque il mare del largo abbia *une apparence de calme.* (3)

32. *L'onda quanto più si muove più si abbassa, e più si dilata e più si fa veloce ec. Les ondes qui*

(1) Opera citata §. 50.

(2) Emy § 80.

(3) Emy §. 134; e 143 sino a 148.

diminuent de hauteur, augmentent presque toujours en même temps d'amplitude, à mesure qu'elles s'eloignent du centre d'agitation. (1) *Le mouvement des ondes n'est donc pas uniforme, ainsi que M. Lagrange l'a supposé dans sa Mécanique analytique, mais uniformément accéléré.* (2)

33. *Noi vediamo il mare mandare le sue onde verso terra, e benchè l' onda che termina colla terra sia l' ultima delle compagne, e sia sempre scavalcata e sommersa dalla penultima, nondimeno la penultima non passa di là dall' ultima, anzi si sommerge nel luogo dell' ultima. Essendo così sempre questo sommergimento di continuo moto, dove il mare confina colla terra è necessario che dopo quella sia un contrario moto in su il fondo del mare, e tanto ne torni di sotto inverso la cagione del suo movimento, quanto esso motore ne caccia da se dalla parte di sopra ec.* Questo contrario moto forma *sur le fond des courans de retour, vers le large, qui repoussent les bourrelets de sable et galets, et les maintiennent quelquefoit à de grandes distances qui dépendent de la violence habituelle des flots de fond.* (3)

Torniamo al nostro principale assunto.

34. Chiameremo vento regnante quello che spira nel nostro lido più giorni in un anno che ogni al-

(1) Fèvre opera citata §. 36.

(2) Cauchy. *Théorie de la propagation des ondes etc.* Memoria inserita fra quelle presentate a l' *Académie royale des sciences de l'institut de France etc.* 1827. tom. 1, *pag.* 90.

(3) Emy §. 178. Boscovich. *Del porto di Rimini* raccolta citata tom. 7 pag. 381.

tro: chiameremo dominante quello che vi soffia con più forza. Qui appresso avremmo voluto unire una tavola sinottica che racchiudesse la media di un decennio della direzione, durata e forza de' venti e delle onde, ma un siffatto complesso non esiste registrato in Livorno.

35. De' trentadue rombi di vento, diciotto sono nocivi al porto di Livorno, cioè quelli compresi da ostro-scirocco a tramontana passando per ponente; ma non tutti nello stesso grado e per la stessa causa. Per brevità, e per non ripetere quasi gli stessi effetti parleremo dei detti rombi riunendoli due per due, ed intendiamo sieno in essi compresi i rombi limitrofi.

36. L' ostro-scirocco e l' ostro ¼ scirocco corrono il littorale per giungere a Livorno: quindi il moto ondoso di questi venti non dovrebbe dirsi pregiudicevole; ma essi e quello di ostro sono molto da aversi a calcolo per la direzione loro perchè tende ad animar di molto la corrente, che da sinistra a destra si dirige rendendola dominante. Essa già per altra causa è la regnante del nostro litorale come a suo luogo vedremo. Di più è da rimarcarsi che nel lido livornese, quando soffiano detti venti, il flutto giunge alla sponda con direzione più da libeccio, perchè essi al largo hanno una direzione più *forana* dovuta allo sbocco del canale di Piombino, alla posizione geografica dell' isola di Elba e di Corsica, ed alla tendenza che ha il nostro litorale di difendersi. Le alte montagne della Corsica debbono esercitare sensibile influenza in tale deviazione. Così

è da osservare che la costa dell' isola stessa non può non avere una simile azione sul moto ondoso. La sua giacitura forma gran baluardo al moto de' marosi che fin dallo stretto di Messina, senza aver incontrato altro ostacolo, vi perquotono: la naturale riflessione di un tal urto li propaga a noi con direzione più da libeccio. Quindi quantunque il vento lungo il lido soffi, per esempio, come ostro-scirocco, il mare scende come da ostro 1/4 libeccio.

In fine noteremo che il vento di ostro, o ivi presso, non ha bisogno di molta forza per formare delle onde atte a sconvolgere il fondo del nostro lido. La natura di questo (17 e 18) e la sua poca profondità (figura 2.ª) permette di essere zappato da flutti di mite potenza. Il celebre idraulico Mari ci fa osservare che non richiedonsi le tempeste più forti per sollevar le arene dal fondo del mare. Sono a portata di essere prese in collo dall' onde ne' venti più discreti. (1) E lo Zendrini, anche prima del Mari e contro la teoria in allora in vigore sul moto delle onde, avvertiva che le *sabbie del mare* erano *tirate da' cupi fondi dalle burrasche;* e recenti esperienze ci assicurano che la potenza de' flutti è molto sensibile anche a 20 m. sotto la superficie del mare: quindi tutto il *paraggio* o tratto di mare da noi preso ad esame risente sul fondo l' azione delle onde.

37. L' ostro-libeccio avvicinandosi alla traversìa del litorale italiano produce marosi di gran potenza.

(1) Mari, *Idraulica pratica ragionata*, Guastalla 1786 tom. 2 pag. 104.

Esso solca il fondo, zappa la sponda e per la sua direzione incalsa, come l'ostro e suoi affini, la corrente, e le materie vengono da esso obbligate, piú ancora che da quelli, a radere il lido e passare appoggiate al molo Cosimo (fig. 2.ª si veda la linea dello scorrimento delle materie). Quindi tanto pel moto ondoso, quanto pel trasporto de'materiali d'interrimento, è uno de' più nocivi.

38. Il libeccio è la traversìa del litorale italiano, ma sulla base del lido livornese forma un angolo di 45 gradi. Questo vento è quivi, come nel rimanente del suddetto litorale, il più forte, ed è quello che più di ogni altro produce potenti e grandi marosi. Ma nel suddetto lido per la sua direzione più che altrove è dannoso nel lato degli interrimenti. « Il sig. Lamblardie padre ha fatto rimarcare che, quando la direzione de' venti regnanti e de' flutti è perpendicolare ad un lido, l'azione di corrosione è al maximum, ma che non avvi traslazione lungo la riva, e che al contrario, la prima azione sarà nulla quando il vento è paralello alla riva. Egli ne ha concluso in forza della decomposizione dello sforzo de' flutti battenti contro le pareti ascendenti del lido, che *il maximum di velocità di traslazione delle materie corrisponde ad un' angolo di* 45.° *del vento con il lido. L'ingénieur italien Zendrini avait déja fait la même observation dans la Méditerranée.* (1) Dunque questo vento per la sua potenza, per la sua direzione e per la durata de' flutti e marosi ch'esso, i suoi affini, e la idro-

(1) Sganzin, opera citata, tom. 2. pag. 204. Minard, pag. 66.

grafica disposizione delle terre circonvicine propagano, è quello che nel lido livornese deve classificarsi come dominante non solo, ma per i suoi effetti anche regnante, quindi più nocivo di ogni altro.

39. Il ponente-libeccio per la sua forza e per la sua direzione deve considerarsi quasi tanto nocevole quanto il libeccio. Esso anzi più di questo obbliga il moto delle materie a radere il lido nella loro progressiva azione da sinistra a destra.

40. Il ponente rigorosamente parlando è la traversia del lido di Livorno, ed è quello più prossimo alla perpendicolare del molo Cosimo. Esso, come i suoi affini verso ostro, è potente e nocivo; inoltre produce rilevante risacca nel porto e dentro la darsena.

41. Il ponente-maestro passando a traverso le secche e banchi della Meloria per giungere nel porto, i suoi flutti vengono in parte frenati, ma per la risiduale lor potenza, e per quella che nuovamente acquistano nel lungo tratto dalle suddette secche al lido, zappano il fondo della rada e pregni di materie giungono al porto con rilevante azione. La risacca da essi prodotta è sempre più sensibile.

42. Il maestro è vento di bel tempo. Non pertanto dopo aver traversata la rada, le sue onde sono molto moleste nel porto, perchè può dirsi traversia di questo. E siccome delle volte è potente, così gli effetti della risacca che produce son dannosi ed in tutta la superficie del porto. Il banco che ostruisce il centro del porto salva una gran parte de'legni da rilevanti avaree. Colla sua direzione questo vento

anima di molto le correnti che da destra a sinistra si dirigono.

43. Finalmente il vento di tramontana-maestro, e quello di tramontana corrono la spiaggia e sono pur essi venti di tempo buono. Ma anche miti invigoriscono anch'essi la corrente che và in ostro, e producono risacca nel porto, molesta ai legni che sono al molo Cosimo per la soverchia prossimità che debbono fra loro conservare.

ARTICOLO IV.

Classificazione delle correnti. Direzione, velocità ed effetti delle medesime.

44. Il mare oltre al moto ondoso ha quello delle correnti: questo in alcuni casi può avere influenza nociva nella direzione che deve tenere un bastimento, ma esso può essere sempre dannoso per la parte che ha nel cammino degli interrimenti. Quindi è di somma importanza per l' ingegnere de' porti, di ben conoscerne la direzione e la velocità lungo il lido, ed a qualche distanza da questo. Il benemerito Bellidor parlando della formazione de' porti ci dice che « prima di cominciare simili progetti bisogna esaminare bene le disposizioni de' luoghi specialmente le correnti per timore, che dopo l' esecuzione vi si formino degli interrimenti cagionati dalle continue deposizioni di sabbia e di belletta, che potrebbero *rendere inutili le spese, che vi si farebbero.* Siccome è cosa rara incontrare delle rade perfette, il più gran servigio che possa rendere allo Stato un uomo incaricato delle costruzioni marittime, è quello *di ricercare i mezzi più sicuri e meno dispendiosi* di migliorare quelle delle quali si è costretti a far uso. » (1)

(1) *Architecture hydraulique* §. 698.

45. Essendo nostro scopo la ricerca di tali mezzi, dopo aver trattato della configurazione del litorale e del moto ondoso, passeremo ora all'esame delle correnti, che vi si verificano. Di esse, per migliore intelligenza, ne formeremo quattro classi: la *prima* accennerà al flusso e riflusso; la *seconda* al moto litorale o radente, la *terza* a de' fenomeni locali, e la *quarta* ai canali, o fossi interni.

46. Si crede da molti che nel Mediterraneo non vi siano maree: quel che certo si è, ch' esse sono molto deboli e molto irregolari. Nulladimeno in alcuni punti della Sicilia, dell' Adriatico, in diversi posti dell' Arcipelago e nei seni della costa di Affrica si rimarcano sensibili cambiamenti di livello, e sufficiente regolarità ne' tempi di flusso e riflusso.

Di questo movimento nel litorale toscano ne hanno parlato, fra gli altri, l' illustre Zendrini, il distinto osservatore Giovanni Targioni-Tozzetti ed il chiaro geografo Repetti. Questi per Livorno riporta quanto in proposito disse il Targioni, il quale copiò dal trattato del flusso e riflusso di Monsignor Ugolino Martelli il seguente passo. « Si vede manifestamente alla bocca del Calambrone e di Fiume-morto, e nel fosso de' navicelli cotesto flusso sensibile fino al catarattone di S. Pietro in Grado, sicchè aiuta il moto de' navicelli troppo carichi, i quali sovente sono forzati ad aspettare *l' empifondo*, o l' acqua piena della luna (che così ivi chiamasi il flusso del mare;) e notasi che vi è stato chi ha creduto che il mare Mediterraneo non abbia flusso e riflusso, come gli

altri mari, ma il fatto è chiaro al contrario. » (1) Dall' ottimo lavoro dell' ispettor Materassi rileviamo che il fondo dell' Arno da Pisa al mare riscontrandosi acclive di mezzo braccio circa (metro 0, 292) rende sensibili fino alla detta città gli alzamenti occasionati dalle burrasche, e le variazioni del pel d'acqua dipendenti dal flusso e riflusso. (2)

47. Per la misura dell' alzamento ed abbassamento di questo moto nel porto di Livorno, per i fenomeni e gli effetti che vi produce avremmo amato trovare un giornale mareografico che avesse registrato il movimento dell' acqua nell' idrometro; ma questo studio nel Mediterraneo è quasi ovunque negletto. È vero che per poter giungere a sottomettere questo moto ad una legge permanente e regolare, d' uopo sarebbe possedere una serie ben lunga di minutissime osservazioni; ma queste cure non mancherebbero d' interesse. Contemporaneamente alle stesse osservazioni dovrebbe notarsi la direzione e potenza de' venti, non che la linea marcata dal mercnrio nel barometro, avvegnachè sembra certo che si trovi la causa principale di quel moto nella durata di alcuni venti, e nello stato di pressione della nostra atmosfera.

Il Manetti, da noi già citato, avendo fatti rilevanti lavori nei canali e nel porto di Livorno si è data la cura di tener nota di tal movimento. Ei

(1) Dizionario citato alla voce *mare toscano*.

(2) *Del fiume Arno nel compartimento pisano, e de' lavori in quello eseguiti* dal 1840 al 1847. Pisa 1849 *pag.* 8 *e* 9.

dice. « La differenza fra il basso livello del mare e quello alto fu più volte da noi riconosciuta di mezzo braccio (0,^{m} 29). In tempo di burrasche di braccia 1, 20 c. (0,^{m} 70). Il matematico Fantoni dice aver più volte verificato alla bocca del Tevere, a porto d'Anzio, a Livorno e al Calambrone, anche con osservazioni contemporanee, che l' altezza dell' ordinario flusso ascende a circa nove soldi di braccio (0,^{m} 26). » (1) Noi in alcuni casi eccezionali abbiamo osservato che tale altezza giunge sino ad un metro quando il tempo *sente molto di fuori* e così viceversa quasi altrettanto nel riflusso quando *sente molto di terra*, ma in questi casi non può dirsi moto di flusso e riflusso. A questo proposito lo Zendrini parlando di Viareggio riporta « che quando spirano i venti dall' ostro a maestro, e più di ognuno dal libeccio, tanto verso dell' ostro che verso ponente, dai quali sconvolto il mare col massimo di sua forza, resta anche stranamente elevato sopra un braccio e mezzo (0,^{m} 88) dall' ordinario suo stato, come fu riconosciuto con la livellazione praticatasi alla fossa di confine il 25 Aprile 1735. (2) Lo stesso fenomeno rimarca il citato distinto ispettore generale Minard. *L'influence des vents*, egli dice, *est relativement plus sensible sur la Méditerranée, où les marées sont plus faibles que sur l'Océan. Les marées, sur les côtes de la Méditerranée en France, ne sont que de* 0,^{m} 15 *à* 0,^{m} 30, *et peuvent être portées à un mêtre par l'effet*

(1) Opera citata pag. 48.

(2) *Relazione* e Raccolta citata tom. 10 pag. 33.

des vents, et à des époques irrégulières. (1) Passiamo al moto litorale.

48. Le persone che fino a questi ultimi anni più specialmente si sono occupate del miglioramento o della formazione de' porti, senza fare distinzione di luogo, si accordano quasi tutte a ritenere gli interrimenti de' porti o de' lidi come prodotti, in gran parte, se non in totalità, dalla corrente che si osserva presso le sponde e che perciò si nomina *corrente litorale o radente.*

Per gli effetti di questa corrente, dal Montanari sino al Brighenti, si è conservata una specie di manìa tanto fra i nostri autori quanto fra quelli esteri. Noi crediamo essere ciò derivato dall' erronea teoria del moto ondoso e dal rispetto, in questa parte soverchio, ispirato da quell' illustre astronomo. Ma il profess. Brighenti, abilissimo osservatore come lo qualifica il Paoli, ha dato impulso ad una nuova era; ed oggi quasi tutti hanno abbandonata la teoria del Montanari. Il cav. Brighenti adunque esclude per l' Adriatico l' efficacia della corrente litorale, come rilevasi dai suoi scritti, fra i quali nei due dotti rapporti sul porto di Cesenatico del 23 aprile 1834 e del 13 giugno 1835. Egli dichiara risultare dalle esperienze da esso fatte, che « in detto porto non verificasi la legge del Montanari nè quella modificata del Tadini, e che perciò, inclina a pensare che la direzione del moto ondoso delle burrasche valga a guidarci con maggior sicurezza nell' intendere questa maniera di fenomeni e nell' applicarvi i rimedi. » Lo

(1) Opera citata pag. 7.

stesso autore già aveva pubblicate queste sue osservazioni nella occasione della sapiente analisi da lui fatta alle opere del Tadini (*Di varie cose alla idraulica scienza appartenenti*) nella Biblioteca italiana tom. LXV, anno 17.° gennaro febraro e marzo 1832 Milano.(1) Quindi ci troviamo naturalmente condotti, dietro il parere di questo distinto conoscitore della meccanica de'fluidi, a cercare il veicolo de'*detritus* del fondo, nel moto ondulatorio del mare, o piuttosto, come osserva l'esimio ingegnere idrografico Monnier, nella formazione de'*flutti del fondo* ch'è, secondo la teorica del colonnello Emy, la conseguenza di questo moto. (2)

49. Conveniamo dunque pienamente sulle osservazioni ed avvertenza del Brighenti, ma sentiamo altresì l'obbligo di notare che nel litorale toscano, e specialmente presso Livorno, il corso della corrente è sensibilmente più potente che nel punto dell'Adriatico dal sullodato professore esperimentato. Lo Zendrini avverte che « essendo il movimento del mare qui nel Mediterraneo (fuori del caso delle burrasche) assai debole, non arrivando ad alzare la di lui superficie, ne' punti più forti della luna che arrivano nella congiunzione del sole, nemmeno un palmo romano ($0,^{m}22$): e contrastando per conseguenza assai poco

(1) Il Paoli aggiunse nuove osservazioni, e sempre più confermò l'asserto del Brighenti. *Fatti per servire alla storia de' mutamenti avvenuti sulla costa d'Italia da Ravenna ad Ancona* ec. Firenze 1842 pag. 46.

(2) Monnier; *Considérations sur la formation des attérissements dans les ports, rades, embouchures de rivières, et sur les études qu'il y aurait à faire avant de projeter des travaux pour l'amélioration de ces positions maritimes.* Annales maritimes et coloniales partie non officielle. Paris 1837 pag. 1299. Emy, opera citata § 91 a 142.

questa forza al corso radente, succede che questo molto *vegeto* si conservi: cosa che non accade nell'Adriatico, e molto meno nelle parti più vicine a Venezia, ove il moto del flusso, ascende sino all'altezza di quasi due braccia (1,^{m} 16), molto rimesso e debole scorgesi il radente. » (1)

Nel portolano inglese del sig. I. W. Norie parlando di Livorno si legge « Vi è *sempre* una corrente dalla tramontana o ostro che manda a traverso alla rada; la sua *corsa comune è maestro* e ponente maestro, *spesso correndo fortissima*, ma ciò è molto dipendente dall'azione dei venti. » (2) Si osserva infatti che se i venti non sono ben sensibili, la prora de' bastimenti ancorati in rada non si dirige a quelli, ma invece alla corrente (tanta è la sua forza) la quale quando è più potente corre da ostro-scirocco a tramontana-maestro.

Ma ammessa, nel nostro paraggio, doppia ed anche tripla la velocità della corrente rimarcata dal Montanari, essa, col mare calmo, come nell'Adriatico così nel Mediterraneo sarà impotente a smovere dal fondo e mantenere incorporate alle acque le arene. Se poi il mare è mosso ed agisce nel senso della corrente, non abbisogna che questa sia molto vegeta per aver sensibile parte nel trasporto delle arene del nostro litorale e specialmente delle melme e delle alighe.

50. Noi siamo pienamente convinti che fuori dei canali lunghi ed angusti, sempre al moto de' flutti si debba l'intera azione dello smovere, e la princi-

(1) *Relazione*, e Raccolta citata, pag. 32.

(2) Traduzione di P. L. Papanti. Livorno 1849 pag. 135.

pale parte nel trasporto de' materiali. Ma ad onta di ciò non siamo egualmente persuasi di dare ai flutti del fondo una velocità tanto grande quanto quella di propagazione delle onde come il colonnello Emy vorrebbe: noi seguiamo volentieri anche in ciò il sullodato Monnier. Tuttavolta tal velocità orizzontale del flutto, la crediamo sempre maggiore a quella delle correnti, che esistono nel Mediterraneo, la quale può essere stimata, quantità media, mezzo miglio l'ora, fuorchè sopra un banco, all'estremità di un capo avanzato e in un canale stretto non internato nel lido, ove vi sono correnti di un miglio di velocità ed anche di due miglia e più ancora. Gradazione che verificasi nel capo livornese negli accennati diversi casi (dal 36 al 43).

Lo scopo del presente scritto non obbligandoci ad entrare nella sapiente lotta fra i partitanti della esistenza de' flutti del fondo e suoi effetti, capitanati da Emy, e quelli che ciò non ammettono alla di cui testa è il chiarissimo ing. Virla (1), siamo contenti ritenere intanto che il flutto solca il fondo, e i grani di arena s'inalzano e discendono con moto intermittente, descrivendo un' ondulazione propria dipendente dalla potenza e dall' angolo d' incidenza del flutto sul piano del fondo. Ed è poi facile a concepirsi che l'effetto di detta ondulazione, quanto allo spostamento delle materie, sarà coadiuvato, o represso, od anche sviato dalla dire-

(1) *Notes sur le mouvement des ondes et sur les travaux hydrauliques maritimes.* Annales des ponts et chaussées. Tom. X. 1835, sem. 2. pag. 215 a 273. Tom. XV. 1838, sem. 1 pag. 70 a 93.

zione e velocità della corrente litorale propriamente detta o altra qualunque.

51. Applicando ora questi studi al nostro lido diremo, che quantunque dalle osservazioni da noi fatte dobbiamo desumere che la principale corrente esistente in questo lido, e che lo rade da sinistra a destra, acquisti alcune volte velocità anche maggiore a quella che generalmente le viene accordata, pure siamo convinti che nelle circostanze in cui il mare non è abbastanza mosso da zappare il lembo della spiaggia, solcare le sabbie e carpire le alighe del fondo, detta corrente non ha sufficiente potenza per sollevare materie e per conseguenza formare o distruggere interrimenti in qualunque punto del lido in discorso. Ma abbiamo veduto quanto facilmente il mare è mosso ed attivo nel nostro paraggio, e come le arene sono prese in collo dalle onde ne' venti più discreti (36), ed in fine come per la costituzione del lato sinistro del lido livornese la massa maggiore delle materie smosse dai flutti, è obbligata a viaggiare verso il porto (15). Sarà quindi facile convincersi, che in queste frequenti circostanze, ritenuta anche per non vegeta la corrente di cui sopra abbiam parlato, essa sarà sempre sufficiente veicolo per la natura delle materie che fanno corona al porto di Livorno. Resta dunque ben fermo, che anche in tempo di mare poco mosso devono passare radenti detto porto delle masse di materiali d' interrimento che saranno tanto più grandi, quanto la corrente in discorso ha maggior rapidità.

52. Ciò che noi dobbiamo inoltre registrare è la durata dell' azione attiva pel trasporto delle materie. Poste queste in moto dall' agitato mare, a poco a poco col ristabilirsi della calma, il flutto diminuisce, la sua azione scema, e giunge al punto nel quale essa non può più far muovere le materie pesanti. Allora si fa una scelta, una specie di riparto: le materie leggere si separano e continuano ad avanzarsi in ondulazione. Se la calma si ristabilisce, queste particelle tendono anch' esse a depositarsi discendendo verso il fondo con caduta più o meno rapida secondo il grado loro di tenuità (1); secondo l' altezza dell' acqua e la residuale potenza di traslazione. Se sono sabbie per esempio, la durata della caduta di esse varia da qualche secondo a più ore. La conservazione di un giorno ed anche più, della zona di acqua torbida che vediamo presso Livorno dopo ristabilita la calma, ci da prova del tempo che le materie sabbiose ivi sono sospese. Se tutto ciò si applica alle melme ed alle alighe di cui abbonda il lido in questione (14 e 17), dobbiamo ritenere che riunendo i giorni di mare agitato atto a smovere e trasportare le arene, con il tempo necessario alle parti più leggere di esse a tornare in riposo, ed in fine con i giorni che occupano le triturate alighe per mollemente adagiarsi sul fondo, troveremo che presso Livorno una gran parte dell' anno vi sono materiali ostruenti galleggianti.

(1) Leonardo da Vinci. Opera citata libro settimo. *Delle cose portate dall' acqua*. Raccolta citata pag. 396 e seguenti.

53. Or dunque concludiamo, che quantunque la corrente da per se sola non ha efficacia di solcare il fondo e corrodere il lido, essa però deve aversi molto a calcolo: 1.mo perchè anche debole ha valeggio di convogliare le nostre smosse materie; 2.do perchè la sua direzione regnante e dominante è nel senso del moto ondoso più potente e di maggior durata, ossia di quel moto compreso da ostro-scirocco a ponente; 3.^{zo} perchè la sua azione quando anche sia lenta, con tutto ciò gli effetti sono notabili per la quasi continua presenza, e per la quasi costante operazione della causa.

54. Teniamo ora parola delle correnti della terza classe, cioè di quelle prodotte da fenomeni locali. Sotto questa categoria noi intendiamo parlar di quelle che a cause accidentali si debbono. Nei belli tempi di estate e specialmente quando dominano i maestrali ha luogo una corrente che da destra a sinistra si dirige, ma la sua durata si prolunga ben poco oltre quella del vento. Nulladimeno essa prende potente parte al trasporto delle materie smosse e spinte dal moto ondoso prodotto dai venti compresi da ponente a tramontana. Questo moto quantunque generalmente mite, è atto ad agire sul sottile fondo che si trova da terra delle secche della Meloria, molto più che le materie che lo costituiscono sono poco pesanti. Lo sbocco dell'Arno, e più assai quello del Calambrone tanto più prossimo al porto di Livorno (16) contribuiscono a fornire materiali di facile trasporto. E siccome da questa parte il porto non ha verun

riparo, esso abbraccia ed ingoia tutte le torbe che vi sono dirette.

55. Resta la quarta classe sotto la quale abbiamo posto le correnti provenienti dai canali interni. Questa è quella prodotta dal fosso, il quale partendosi dall'Arno presso il ponte a mare in Pisa, e percorrendo la pianura s' introduce nella città di Livorno nel punto ove trovasi la bella fabbrica detta *dogana d' acqua* ed il porto de' navicelli, opere di pubblica e fiscale utilità dovute al più volte citato commendatore Manetti. (1) Da quì serpeggiando in più sensi nelle vie della città sbocca nel porto in due rami, uno per la bocca della darsena, e l' altro sotto il ponte alla sassaia.

(1) Questa dogana, trovasi presso la stazione della via ferrata. Si è progettato fabbricare una nuova stazione sulla riva del mare presso il porto e condur colà la ferrovia, prolungando questa così di oltre 1200 metri; ma piuttosto che fare tal prolungamento e la suddetta fabbrica, non è molto più semplice condurre il mare alla stazione esistente? Con un canale di 160 metri di lunghezza si ottiene l'intento. Noi crediamo che un tal progetto meriti particolareggiato studio.

ARTICOLO V.

Materie mosse dai flutti e dalle correnti, ed effetti di esse.

56. È asioma riconosciuto, che per potere riparare ai mali ed ai disordini, sia necessario intendere le cause di essi.

Le materie che interriscono un porto possono aver provenienza da sbocchi di fiumi vicini, da limitrofe spiaggie e dal fondo del mare: zappate, sospese e spinte dai flutti o convogliate dalle correnti, o da queste due cause riunite nello stesso momento, o successivo in un ordine qualunque.

57. In questo lido anche i più leggeri venti di fuori agitano le acque presso la sponda e sconvolgono le sabbie e staccano le alighe: e le piccole tempeste possono agire sul fondo del mare fino ad una rilevante distanza dal lido perchè la profondità dell' acqua è sottile e le materie leggere (36). Quindi siccome l' azione del mare sul fondo è proporzionale all' altezza delle onde, alla profondità dell' acqua, all' andamento del fondo stesso, ed alla natura de' materiali che lo compongono, così per la costituzione della nostra sponda sotto-marina, noi vediamo presso Livorno una zona torbida molto più estesa e densa che in altri luoghi a pari circostanze di vento e di mare. Osservata questa zona da una

eminenza presso il porto si vede distintamente ch' essa è più aperta a sinistra ed a destra del porto quantunque relativamente al mare l' ultimo suo limite è più fuori sulla punta del capo di Livorno. Il colore è meno denso dalla sinistra che dalla destra, il massimo di densità è generalmente sul capo. Lo sporto del capo stesso inoltra e restringe la zona e perciò ne aumenta la densità del colore. Questo fenomeno è il naturale prodotto del moto de' flutti, del giuoco della corrente e delle materie convogliate. Ciò premesso, vediamo gli effetti di questo lavorìo della natura nel lido preso ad esame.

58. Abbiamo già accennato che tutto il nostro litorale, che si estende a sinistra ed a destra de' monti livornesi, è progressivo in mare (14). Così pure notammo che nel bacino a sinistra de' detti monti non molto sensibile apparisce l'accrescimento. Avvertiremo inoltre che uno dei più estesi banchi, dopo quello della Meloria, nascondesi sotto la superficie del mare di Vada alla distanza di circa cinque miglia da terra e dodici da Livorno.

Vedemmo ancora che il tratto che abbraccia il lembo marittimo dei monti livornesi non offre indizio di alterazione sensibile sia rapporto all' avanzamento come all' erosione della sua riva. Quindi questo tratto di costa ha la sua indole stabile; ma ci rammenteremo sempre ch' esso ha prossima e sopravento, ossia a sinistra, una spiaggia instabile con esteso banco (*Mal di Vetro*, conosciuto comunemente per *secche di Vada*) e che il suo piede subbacqueo è framisto di arene ed alighe marine le quali

sospinte dai flutti alla costa, e dalla risacca respinte in mare, sono obbligate a viaggiare lungo esso lido verso il porto (15).

Abbiamo puranco accennato, che la spiaggia a destra si avanza più sensibilmente della sinistra. Il ricordato Repetti riporta la notizia istorica che la torre di Viareggio, situata attualmente dentro terra un mezzo miglio, era stata edificata nel 1172 sulla riva del mare, e che Pisa all'età di Strabone, ossia nei primi tempi del romano impero era a due miglia geografiche dal mare, mentre oggi dista poco meno di 5 miglia (1) e di circa 6 ¾ (chilometri 12,402) qualora si faccia la via dell'Arno, come rileviamo dal citato lavoro del Materassi. (2) Ed in fine registreremo, che secondo il Brighenti la protrazione della foce dell'Arno si stima 5 braccia (metri 2,92) all'anno. (3)

59. Ma avviciniamoci a Livorno: in questo luogo le nostre ricerche devono essere più estese. Anzi più scrupolose ancora, particolarmente quanto più i fatti sono prossimi ai nostri giorni: quindi non entreremo ad indagare la precisa superficie del vasto seno di mare esistente una volta a destra ed in prossimità di Livorno, ove presso il fondo vi sorgeva la famosa *Triturrita* e circoscriveva il celebre porto pisano *tutto*

(1) Opera citata V. 2. pag. 705. Secondo nota il Boscovich l'andamento di detta spiaggia sarebbe più progressivo. *Del porto di Rimini.* T. 7. della Raccolta di autori italiani che trattano del moto delle acque.

(2) Opera citata pag. 8.

(3) *Sulla bonificazione dei paduli di Bientina e di Massacciucoli.* Ferrara 1852. §. 9.

ornato di statue e di cospicui edifici (1): nè investigheremo il tempo occupato per riempire sì vasta superficie, molto più che il suo interrimento si deve a cause naturali ed artificiali, e perciò ben difficile, se non impossibile, sarebbe ricavare un medio annuo naturale progresso del lido, onde servir di norma ai nostri studi. Noi crediamo essere più utile al nostro scopo il dirigere le nostre indagini ai tempi a noi prossimi, ed agli effetti prodotti dalle opere di arte sulla indole del lido. Nulladimeno, osserveremo colla valida autorità del Targioni, che nei tempi andati le cause naturali sono state le più *gagliarde*, e fra queste si è distinta una *immensa quantità di aliga ed altre piante marine*, come lo comprova, oltre l'autorità di antico scrittore, l'escavazione che si fece dirimpetto alla fonte S. Stefano, cioè *sull'orlo del seno del porto pisano ove si trovò moltissima aliga putrefatta e quasi ridotta terra.* (2) Abbandoniamo adunque i tempi antichi e veniamo ai nostri. In questi vedremo che l'arte ha lavorato più della natura per l'avanzamento del lido.

60. Livorno a tempo della potenza pisana non aveva altro ricovero per i legni, che l'attuale darsena e neppur dell'attuale grandezza: in essa gl'interrimenti erano sensibili e si spurgava non di rado anche *con vuotare prima tutta l'acqua.* (3) Cosimo I,

(1) Tronci, *Annali di Pisa*, rifusi e corretti da Valtancoli Montazio pag. 57. V. 1. Lucca 1842.

(2) Targioni; *Relazioni d'alcuni viaggi fatti in diverse parti della Toscana ec.* Firenze 1768. 2 edizione, tom. 2. pag. 390 e 391.

(3) Targioni opera citata pag. 363 e 373.

riconosciuta la necessità di ampliare il porto di Livorno, si determinò alla rilevante opera. Egli stabilì che un molo da terra ferma giungesse al fanale esistente già ove ora si vede fin dal 1303 per opera de' pisani; ed un secondo molo si portasse dal fanale verso tramontana, e secondo nota il Vivoli, *sino di faccia alla fortezza vecchia giungesse descrivendo una curva per difendere il porto dalla traversìa di maestro.* Tutta l' opera doveva misurare la lunghezza di braccia diecimila cinquecento (pari a metri 6090). E nel 1587 vi si dette principio (1).

61. Il Granduca Ferdinando I suo figlio, nel 1590 intraprese con zelo la continuazione dè lavori del padre, e nel 1606 cominciò il secondo braccio, partendo dal fanale con direzione a tramontana-maestro e si chiamò *molo Ferdinando*; ma venne tralasciato dopo la morte di Lui. (2)

« Il troppo esteso porto, nota l'esatto Galluzzi, immaginato da Cosimo I e non ben' eseguito da Ferdinando per i molti ostacoli, che s' incontrarono, oltrechè non sodisfaceva appieno alle necessarie occorrenze della marina e ai comodi dei naviganti, esponeva i legni alle tempeste del mare, *assorbiva le immondezze del medesimo producendo insalubrità, e finalmente cagionava l' interramento della fortezza vecchia, che posta in isola formava la*

(1) Vivoli opera citata Epoca XI pag. 37, e 60. del t. 3. Galluzzi, *Storia del Granducato di Toscana.* T. 3, p. 33, a 37. Firenze 1781. In questa misura di braccia 10500 vi dev'essere errore di stampa quantunque dopo il Galluzzi la ripetono eguale il Repetti ed il Vivoli.

(2) Targioni opera citata tom. 2. pag. 366.

più valida difesa e la sicurezza della città. Conosciuta l'impossibilità di tenere netta con l'arte tanta estensione di acqua, fu risoluto (nel 1611) il ristringerla con una forte muraglia a calcina atta a resistere a qualunque colpo di mare, *e situata in forma da rigettare l'aliga marina, e impedire che le fortificazioni restassero in secco.* (1) E l'accurato Vivoli si fa ad *avvertire* i suoi lettori, come un così *sostanziale cambiamento* avesse avuto luogo *dettato al certo dall' esperienza,* avendo gl'ingegneri osservato il movimento ed il corso delle alghe, le quali in *copia immensa anche allora coprivano il letto del mare.* (2)

62. Consideriamo ora questo primo e rilevante lavoro ed i suoi effetti. Esso è uno de' fatti molto utili per guidarci nella nostra ricerca. Per esprimerci più concisamente e chiari avvertiamo, che tanto il lavoro del primo braccio cominciato da Cosimo I e compiuto da Ferdinando, quanto la parte del secondo cominciata ed eseguita da questi, li comprendiamo sotto il vocabolo *molo Ferdinando.* Il molo Ferdinando era dunque un braccio, un guardiano, un pennello, che dalla costa si prolungava sino al fanale, cioè per la lunghezza di circa 880 metri, e con un tratto di soli 120 metri dal ripetuto fanale si voltava verso tramontana-maestro. Come tale pertanto non copriva i bastimenti da tutti i venti nocivi, ma bensì alterava la indole della costa con troncare il libero

(1) Galluzzi opera citata T. 3 pag. 314 e 315.

(2) Epoca XII tom. 3. pag. 178 e 179. In questa parte dell' opera si trovano anche i nomi degli ingegneri riuniti per risolvere un tal cambiamento, alcuni de' quali di nome distinto.

corso delle materie. Quali ne furono i suoi effetti rapporto agli interrimenti? quelli di *assorbire*, ossia di ritenere le materie trasportate dal moto de'flutti e dalle correnti in quantità da produrre, in cinque o sei anni, *insalubrità, porre in secco la fortezza, di convincersi dell' impossibilità di tener netto* il porto *con arte* e quindi obbligare ad un *sostanziale cambiamento.* Torniamo ai lavori del molo.

63. Fu Cosimo II che avendo smesso nel 1609 di continuare il molo Ferdinando, fece nel 1611 eseguire ciò, che si credette rimedio a tanto male, cioè la forte muraglia, ossia il molo Cosimo, detto dal volgo molo nuovo, il quale dal molo Ferdinando al punto chiamato la sassaia, cioè a metri 400 dal fanale verso terra, venne diretto a tramontana 30.° ponente con scogliera verso la punta più all' alto mare rivolta, cioè per maestro. Questo molo dicevasi condotto al grado di dar ricetto ai bastimenti nel 1617.

64. A quest' epoca una parte dell' antico seno pisano era ancora servibile per i bastimenti di lungo corso, mentre fino al 1621 vediamo, che quelli con *patente brutta* si facevano ancorare fra le torri antiche esistenti alla bocca del porto pisano (1). L' ingegnere Ferdinando Marozzi delineò nel 1618 la parte di seno ancora navigabile colle fabbriche che tuttavia esistevano. Ed il Targioni nel 1768 scriveva; « Non è grand' anni che si poteva col barchetto girare attorno, e rasente a queste torri; ma in oggi

(1) Vivoli opera citata Epoca XIV tom. 4. pag. 123. e 162

non si può più fare, perchè vi si sono radunati tanti tassoni di aliga, che hanno formato delle isolette. (1)

65. In quanto alla torre del Marzocco fino a dodici anni or sono era isola discosta da terra ferma 180 metri, ed una scafa traghettava dalla riva alla torre i militari ed inservienti della medesima. Nel 1840, con cattivo consiglio, si volle con diga riunire la torre alla spiaggia, ed il 16 giugno dello stesso anno ebbe principio il lavoro che terminò il 28 aprile 1841. Vediamone gli effetti, perchè questo è un secondo rimarchevole fatto molto utile per i nostri studi. Questa diga o strada è un ostacolo o pennello che si è opposto al libero corso delle materie nella stessa guisa che vi si oppose il molo Ferdinando (62): quali ne sono state le conseguenze? Non appena compito il lavoro, si manifestò sensibile aumento della spiaggia da ostro, cioè verso il porto. Questo aumento oggi è tale, che si è avanzato a 180 metri a collo alla diga, lasciando dentro terra ed all'asciutto le succitate torri, le quali prima di questo lavoro erano tuttavia bagnate e circondate dal mare. Misurato sul luogo questo grande ammasso d'interrimento si trova di 83,520 metri quadrati di superficie, e la massa di metri cubi 125,280 (2);

(1) Opera e tomo citato pag. 379.

(2) Per trovar la massa si è supposto che esistesse prima della diga 8 decimetri andanti di profondità sotto il pelo ordinario del mare in tutta la superficie; i quali uniti a sette decimetri ragguagliati di colmo che vi si verifica, abbiamo un metro e mezzo di altezza. È da notarsi che presso la galitta, il colmo è molto maggiore: ivi si ammontano a braccia di uomo le alighe che ivi presso restano ancora in masse galleggianti dopo le mareggiate, le quali molte volte occupano la vasta superficie che dalla spiaggia si estende fino sotto le finestre dell'ammazzatoio, cioè sino alla lettera B (figura 2).

e questa massa non è tutta quella che percorre questo paraggio come ora vedremo.

La causa di questo grande interrimento è facile spiegarsi. Abbiamo veduto che il moto più potente de' flutti ed il corso più veloce delle correnti poggiano sul capo di Livorno e convogliano i materiali da ostro a tramontana (36 a 40 e 51): obbligati questi dalla direzione del vento e dalla natura della corrente stessa a radere il lido, dopo che hanno oltrepassata la punta del molo Cosimo devono piegare da tramontana verso greco e dividersi in due masse (figura 2.ª) Una di queste, cioè quella che dalla direzione del vento viene spinta più direttamente alla spiaggia, e che corre una linea più verso terra di greco-tramontana incontra la citata diga e vi si addossa sviluppandosi per forza de' flutti nella base disopra descritta. L' altra massa, che segue più d' appresso lo spirito della corrente, oltrepassa la torre del Marzocco e si sviluppa lungo il lido pisano, più o meno distante dalla detta torre secondo la forza e direzione della corrente, del vento e de' flutti, come risulta dalle ispezioni della spiaggia.

66. Nè questi effetti mancano di altri esempi: la storia delle opere idrauliche ne somministra a dovizia, ma noi citeremo soltanto quelli nel Mediterraneo e de'più prossimi al nostro lido, e prodotti per effetto del giuoco stesso delle onde e delle correnti che verificasi in Livorno; trascurando ancora quelli relativi allo sbocco armato de' fiumi. « Nulla, diremo colle valide autorità dello Zendrini e del Manfredi, nulla più può sempre viemaggiormente illuminarci, che il

vivo e fedele esempio degli altri vicini porti di questa spiaggia, onde poter trarre sicuro argomento per porre il porto, di cui trattiamo, nel miglior possibile sistema. » (1)

67. La marina di Vico-Equense è formata da un piccolo seno di mare pochissimo nella terra incavato. Alla punta di questo seno dal lato del largo, vi è nel mare un grande scoglio, dalla terra distante oltre cento palmi. Questo scoglio, simile quasi ad un piccolo molo, si riunì (per guadagnar territorio) alla terra costruendovi una diga. La spiaggia non tardò ad ampliarsi. Il furioso mare ruppe la diga ed introducendosi di nuovo colla corrente nel seno di Vico, vi scavò in poco tempo e distrusse quella porzione di spiaggia che di recente si era formata. L' apertura fu nuovamente barricata, e di nuovo la spiaggia tornò ad ingrandirsi; ma per la seconda volta ancora la barricata fu distrutta dal mare, ed ugualmente disparve la spiaggia. Un fatto tutto simile a quello della marina di Vico ha avuto luogo nel piccolo seno della marina di Atrani nella costa di Amalfi. (2)

68. Due altri esempi abbiamo in Anzio, uno di questi fu il guardiano ossia molo Panfilio, spiccato dalla spiaggia coll' intendimento d' interrompere il passo ai sabbioni che si supponevano venir da levante, come vengono infatti. Ma con questo impedimento

(1) *Relazione per la divisione de' fiumi Ronco e Montone.* Raccolta citata tom. 8., pag. 402.

(2) De Fazio opera citata pag. 42. 43. e 44. È da rimarcare che in questi due fatti si voleva da chi eseguiva i lavori, aumentare l'interrimento ossia la spiaggia: in questi casi l'arte agiva con giudizio.

altro non si faceva che ammucchiarli e radunarli in maggior copia davanti alla bocca del porto, e il danno fu così evidente, che convenne ben tosto abbandonare l'opera incominciata, anzi distruggerla (1). L'altro è questo. Il molo Innocenziano è innestato al braccio sinistro del Neroniano, come il molo Cosimo è innestato al molo Ferdinando, colla sola differenza che quello apre il porto a levante e questo a tramontana. Colà il molo sinistro Neroniano s'inoltra ancora in mare più dell'Innocenziano, ed all'angolo che questo forma col Neroniano vi è un'apertura come quella che vediamo fra il molo Ferdinando e quello Cosimo. In Anzio, come poi a Livorno, si volle chiudere quell'apertura, ebbene, cosa accadde in allora? Tanto lungo il molo Innocenziano, quanto lungo quello chiuso Neroniano, di mano in mano le arene vi si alzarono, e giunte al livello ordinario dell'acqua lo superarono ancora da formarne un *passeggio*, ove, anche col mare alquanto mosso, si percorreva a piedi asciutti. Minacciato perciò l'interrimento dello intero porto fu riaperto il tratto chiuso, e le onde e le correnti liberarono di nuovo gl'interriti moli (2). Quindi accadde in Anzio quello che, come or ora vedremo, è accaduto in Livorno: e se qui non si passeggiò a piedi asciutti da fuori la scogliera del lazzeretto S. Rocco sino verso la punta del molo, si fu perchè la maggior

(1) Venturoli, *Dell'antico e del presente stato del porto d'Anzio.* Memoria inserita fra quelle di matematica e di fisica dalla società italiana delle scienze residente in Modena. T. 23. art. 11. pag. 327. 1842.

(2) De Fazio opera citata pag. 213. Venturoli, memoria citata art. 12. e 18.

quantità de' materiali trattenuti era aliga, la quale tarda molto a rendersi praticabile.

69. A *Brescou*, alla dritta del monte d'*Agde* si voleva creare un porto prendendo sul mare lo spazio necessario come ora si è progettato per Livorno. Un molo venne a quest' effetto costruito il quale attaccato alla falda del monte direttamente si opponeva al passaggio delle materie; *mais les ensablements qui s'étaient manifestés aussitôt avaient fait renoncer à cette entreprise.* (1)

70. A *Cette* quantunque il piede del monte si avanza poco in fuori della linea generale del lido, formava nulladimeno un piccolo promontorio, che sembrò agli Stati di Linguadoca, favorevole per piantarvi un porto. All' opposto del resto di quel lido, sopra l' intero sviluppo del quale non si rinveniva che una spiaggia sottile che non permetteva ai bastimenti di avvicinare alla sponda, si trovava immediatamente al piede del monte di Cette una profondità di 6 a 8 metri, ed il fondo era di scoglio non ricoperto da sabbia. Questa posizione, e la costituzione del lido hanno molta analogia con la nostra. Prevaleva in chi aveva l' incarico del progetto *qu'on devait faire moins attention à la possibilité des ensablement, qu'à la nécessité de protéger l' embouchure du canal et de mettre en sûreté les navires qui se présenteraient pour y entrer.* È egli vero che per sostenere un recente pro-

(1) Raffineau de Lile. *Extrait d' un rapport sur les projets d' amélioration et d' agrandissement du port de Cette.* Extrait des Annales des ponts et chaussées. Paris 1841. pag. 7.

getto per Livorno si vuole anche qui far prevalere un così rovinoso principio? Fatalmente il progetto di Cette venne approvato ed eseguito: locchè speriamo non accada in Livorno. La prima pietra del molo S. Luigi fu posta con gran sollennità il 29 luglio 1666; esso partiva dalla punta dello stesso nome. Poco tempo dopo si lavorò all' altro molo detto di Frontignano. Protratto il molo S. Luigi a 317 tese di lunghezza (pari a m. 618) esso produceva di così buoni effetti, che si credette essere inutile ulteriore prolungamento. Dopo *soli dieci anni le port, après avoir d'abord tenu les vingt-quatre galères du roi, s'était tellement ensablé, qu'il ne pouvait plus recevoir que quatre rangs de barques ou petites navires sur un fond de* 9 *a* 15 *pieds d'eau!* A quest' epoca si valutava a duecento mila lire *tournois* la spesa per lo spurgo, *sans compter l'entretien:* la quale avuto riguardo alla differenza di costo, la stessa quantità di spurgo costarebbe in oggi seicento mila franchi. Dopo questo primo spurgo vi restava una enorme spesa annua per questo solo titolo (1). Il celebre Vauban visitato nell' agosto del 1681 il porto, emise in una memoria questa osservazione. *Si l'ingénieur êut eu du bon sens et un peu de science, il aurait connu que pour combler et atterrir promptement un endroit de la mer ou d'autre eau qui a du mouvement, le plus sûr moyen est de faire une digue opposée au courant joignant et au-dessus de l'endroit qu'on veut combler, parce qu'alors l'eau étant presque sans mouvement n'a*

(1) Raffineau de Lile opera citata. pag. 7. e seguenti

plus la force de soutenir ni pousser plus loin les sables, terres, etc, que le courant entraîne..... L'ingénieur devait s'en rapporter à l'expérience qu'il avait à trois lieues de Cette au port d'Agde sous le fort Brescou (1) della quale noi abbiamo parlato (69).

In virtù delle immense spese già fatte, e dei molti interessi locali, si è voluto tentare ogni mezzo d'arte per eliminare almeno i difetti della natura, quindi nuovi moli, prolungamenti degli esistenti, spurgo incessante e vistosissimo, ma tutto con poco frutto. Chiuderemo quest'esempio con rimarcare che ad onta di tanti sagrifici si può oggi ripetere quello che diceva il chiaro ingegnere Mercadier, cioè che *on est convaincu que ce port, de Cette, n'a qu'une existence précaire* (2).

71. Ma torniamo a Livorno, ove un altra preziosa esperienza non lascia più nulla a desiderare: essa sola basterebbe ad ammaestrarci sugli effetti che produr debbono ostacoli posti al libero passaggio delle materie presso il molo Cosimo.

Prima di riportar questa esperienza sarà pregio dell'opera far osservare al lettore che da una *veduta dell'antico Livorno allorchè fu comprato dai fiorentini l'anno* 1421. (3) si rileva che ove ora si trova gran parte della piazza di Marte e tutto il lazzaretto S. Rocco era mare. Quindi da quell'epoca ad oggi si è aumentato il lido di circa 550 metri. Non

(1) Vauban in Minard opeca citata pag. 231. e 232.

(2) *Recherches sur les ensablemens des ports de mer, et sur les moyens de les empêcher a l'avenir.* Montpellier, 1788. §§ 77.

(3) Pubblicata dal sig. Gio. Battista Guerrazzi. Livorno 1844

abbiamo potuto rintracciare una storia artistica delle precipue cause di questo aumento, ma crediamo poter asserire, senza tema di essere contraddetti, ch'esso si deve al molo Ferdinando e pur anco ai lavori di costruzioni e d'interri. In una veduta della città e campagna di Livorno, presa dalla cima del fanale l'anno 1784, dal bravo Terreni livornese, esistente in casa del gentilissimo sig. Borghini, si rileva che i *Molinacci*, poco fuori la porta a mare, erano a quell'epoca lambiti dal mare; oggi distano da questo circa 100 metri.

In comprova della nostra opinione sulla causa principale della protrazione del lido accollo il porto di Livorno, riporteremo un passo del più volte citato Vivoli. Questo passo ci da anche ragione sul motivo che indusse a lasciare una certa apertura nel molo Ferdinando, che poscia ne' nostri giorni venne chiusa. Ecco le parole del ch. Vivoli. « Ora avendo gl'ingegneri osservato il movimento ed il corso delle alighe, le quali in copia immensa anche allora coprivano il letto del mare in tutta l'estensione della rada sino alle secche della Meloria, e fatta seria attenzione alla direzione, che a seconda dello spirare de' venti e della violenza delle correnti, le alighe stesse regolarmente tenevano, risolvettero senza più, coll'annuenza al certo di Ferdinando, di non protrarre per intero dal fanale alla terra il braccio del molo, che doveva chiudere il porto dal lato di oriente e della sassaja, e di lasciarlo invece per una porzione aperto, onde dar luogo in quel punto al libero correre delle alighe, ed impedire che ivi formassero degli ammassi pregiudicevoli al porto stesso. E che in effetto ciò si ese-

guisse in correzione e modificazione del progetto primitivo ec. » (1)

Veniamo ora all' esperienza di cui sopra, la quale sarà un terzo fatto capitale perchè locale.

72. Con più cattivo consiglio di quello della diga di Marzocco, si volle ai nostri giorni unire anche il fanale col lazzaretto S. Rocco chiudendo quella porzione di molo lasciata aperta come dice il Vivoli. Compito questo lavoro non potevano non risentirsene subito i suoi tristi effetti. Le materie, di cui sopra abbiamo parlato, rattenute da questo non più interrotto ostacolo, vi si accollarono a sinistra ed a destra, ma più da questa che da quella parte. Un tal fatto produsse un ben fondato allarme ne' livornesi che vedevano in ciò l' intera rovina del porto, ed una causa di cattive esalazioni. Giunta all' orecchio del Principe tale inquietudine, di persona visitò il luogo e decretò subito si riaprisse il tratto chiuso. E l' interrimento venne dalle prime mareggiate spazzato. Ciò accadde nell' anno 1850 epoca in cui i lavori del porto erano passati col primo di gennaro al corpo degli ingegnieri alla di cui testa vi era l' attuale direttore sig. commendatore Manetti.

73. Prima di tirar conseguenza da questo e dagli altri esempi, crediamo necessario rendere ragione del perchè la massa delle materie era maggiore dalla destra che dalla sinistra. E per verità questo accumulamento di materie dovendo essere il prodotto delle stesse cause di quello alla diga del Marzocco (65), si

(1) Vivoli, Epoca XII, tom. 3. pag. 178. e 179.

ha luogo di rimarcare che la massa più grande delle medesime si è verificata nella parte di tramontana dell' ostacolo, mentre al Marzocco si trova soltanto dalla parte di ostro: e questo fenomeno si vede ripetuto anche in oggi, perchè dopo le mareggiate de'venti di fuori una certa quantità di alighe si trova addossata all' estremità interna del tratto di molo che tuttavia dal fanale alla terra si dirige. Le persone da me interpellate per spiegare questo fatto, suppongono l'esistenza di una corrente proveniente da maestro, la quale raccogliendo le sconvolte alighe a traverso le secche e banchi della Meloria per scirocco le conduca. Noi non persuasi della esistenza ed efficacia di questa corrente particolarmente nelle circostanze in cui soffiano i venti suddetti, e volendo eseguire il saggio consiglio del Lorgna, il quale dice che « giova ben spesso cogliere la natura nel suo lavoro, essendo più agevole accorgersi de'suoi artificj nell'atto stesso dell' operazione che non ad operazione compiuta » ci siamo appoggiati all' osservazione che di persona abbiamo fatto sul luogo. Con essa spieghiamo il fenomeno, senza ammettere altro veicolo che quello stesso che opera al Marzocco.

Si porti uno alla parte di fuori del molo Cosimo quando il mare è in procella, e rimarcherà che ivi si verificano le risacche, con tanta precisione descritte dal nostro Leonardo da Vinci (27), ed ivi si scorgerà altresì la quantità di alighe, di cui sono pregne le onde. Difatto quando i flutti, fiotti o marosi perquotono una parte dè scogli del molo suddetto, stante la giacitura di questi e la direzione di quelli,

vengono in parte respinti nell' interno del molo Ferdinando a tramontana del fanale, e da questo colla diminuita energìa tornano riflessi verso l' altro pezzo di braccio, che dal fanale stesso è diretto a levante. Ed è tale la potenza del flutto riflesso dal molo Cosimo, che si vede elevare e frangersi contro la parete interna del braccio di tramontana dal fanale, da contrastare il passaggio de' flutti del largo, i quali, percosso al di fuori questo braccio, lo scavalcano. Nel ricovero formato dai suddetti due bracci del fanale, cessata nei flutti la potenza di riflettersi, e trovando uno spazio di acqua meno agitato che altrove vi depositano le materie. E questo deposito doveva essere tanto più sollecito ed esteso quando era interamente chiuso il braccio dal fanale alla costa, ossia quello diretto per levante.

Questo lavorìo di risacche non può aver luogo addosso alla diga a tramontana della torre del Marzocco, perchè quivi i flutti o marosi si frangono in una regolare e sottile spiaggia sabbiosa di dolce inclinazione, ove essi si sviluppano liberamente; e quella risacca che tuttavia ne consegue, allontana e non avvicina le materie alla diga; e di più la suddetta torre non ha un braccio che dal piede di essa si protragga verso tramontana come esiste al fanale.

Oltre alla spiegata risacca, due altre cause di minor efficacia ebbero parte, a parer nostro, ad accumulare più vasto interrimento dal lato di tramontana del fanale che da quello di ostro. La prima fu quella delle materie sbalzate dai sbruffi de' flutti che dalla sinistra alla destra oltrepassano lo stretto brac-

cio che univa la costa al fanale. L'altra dev'essere stata il noto fenomeno che soffre la direzione della corrente lungo una costa. *Toute saillie ou renfoncement brusque dans le fond des atterrages ou sur les côtes donne lieu à des tournoiements, à des changements de directions; ces effets sont d'autant plus sensibles que la vitesse des courants est grande* (1). Fenomeno de' *ritrosi* una lunga serie de' quali è stata raccolta da Leonardo. (2)

Questa spiegazione ci sembra sufficiente per dimostrare che ad una sola causa si deve l'interrimento del fanale e quello del Marzocco; e se taluno non fosse di ciò abbastanza persuaso rimarcheremo inoltre che se l'interrimento alla parte destra del fanale fosse stato il lavoro della supposta corrente da maestro, noi riteniamo che simili masse di materie si sarebbero dovute verificare, e si verificherebbero nella parte di tramontana della diga di Marzocco, e più ancora nel vasto sacco che costituisce il bacino dell'attuale porto di Livorno. Lo che non ha avuto e non ha luogo.

74. Che se ai fatti locali sopra descritti se ne volessero aggiungere altri molti, basta fare una passeggiata lungo la costa da Livorno a Montenero. Da essa si raccoglierà che ogni sporgenza, ossia ogni diga naturale di scogli o seno qualunque, è il ricettacolo di materie ostruenti, e tutte nella stessa guisa e per la stessa causa rattenute.

(1) Minard opera citata pag. 31 e 32.

(2) Opera e Raccolta citata tom. 10 pag. 342 a 356.

75. Da questi esempi risulta adunque ampiamente dimostrato che in Livorno, anche più che altrove, i tristi effetti del moto delle materie sono lo studio principale per l'utile riuscita del nuovo porto: *car, à quoi sert de savoir construire ces ouvrages avec solidité, si l'on ne sait déterminer les emplacemens qui leur conviennent, pour empêcher les ensablemens au lieu de les favoriser?* (1) Non basta al certo che l'ingegnere, a cui è stato affidato il progetto e l'esecuzione di un nuovo porto, non lasci nulla a desiderare di meglio per i mezzi di esecuzione, per i metodi ben intesi e per le macchine più ingegnose: *mais est-ce dans ces détails seulement que doit se trouver la garantie du succès, n'est-ce pas plutôt dans la base du projet qu'il faut chercher les motifs d'une entière sécurité pour l'avenir?* (2)

76. Daremo fine a questo articolo riportando colle parole del benemerito professor Cavalieri una massima importantissima da aversi non solo presente nel caso de'porti di mare, ma egualmente applicabile ad ogni altro genere di grandi costruzioni idrauliche: « doversi, cioè, dirigere l'operazioni dell'arte a correggere i difetti naturali del sito, sempre però studiando non solo d'accertarsi che quelle valgano alla prima a produrre un soddisfacente effetto, ma ben anche di presagirne le future conseguenze; poichè non di rado accade che un'espediente confacentissimo dal bel principio per un divisato scopo, di-

(1) Mercadier opera citata pag. vj.
(2) Emy, opera citata §. 282.

viene col progresso del tempo, pel cangiamento che esso medesimo induce nello stato delle cose, ad esso scopo contrario, ovvero cagione di nuovi inconvenienti: il che prevedendo l'accorto architetto si deciderà ad abbracciare più adattato temperamento. E quando il raziocinio o l'esperienza facciano antivedere, ovvero il fatto dimostri l'inutilità d'ogni umano sforzo a soggiogare la potenza e la pertinacia di qualche naturale contrarietà, il vero consiglio si è quello di abbandonare ogni tentativo tendente a violentar la natura, e di scegliere piuttosto altri mezzi, i quali per così dire blandendola, la disarmino, e la rendano propizia ai nostri divisamenti. (1)

(1) Cavalieri, opera citata §. 790.

ARTICOLO VI.

Succinta descrizione e breve parere de' principali progetti presentati al Governo per migliorare il porto in discorso, prima della presentazione del progetto Poirel.

77. A nostra notizia tre sono i progetti principali presentati al governo prima del progetto Poirel.

PRIMO PROGETTO

78. La sostanza di questo è la costruzione di un *molo sanitario,* così chiamato nel progetto stesso. Il molto soffrire a cui van soggetti i bastimenti in rada (4) ove sono obbligati ad ancorare per consumarvi la contumacia, suggerì un tal molo. Con esso si darebbe ai bastimenti conveniente ricovero.

Questo molo (figura 1) dovrebbe partire dal braccio di tramontana del fanale continuando in linea retta, per metri 241, la stessa direzione di quello incominciato da Ferdinando I; e proseguendo curvilineo svilupparne altri 425, in tutto 666 metri. Da tali disposizioni risulterebbe una bocca di porto di metri 70 netti, formata dalla punta del molo Cosimo e da quella del sanitario. Il tratto dal fanale al lazzeretto

S. Rocco resterebbe con l' apertura che ora vi esiste. Un taglio da praticarsi nel molo Cosimo permetterebbe ai legni a vela ed ai piroscafi la comunicazione interna fra un porto e l' altro. (1) Vediamo quale sarebbe a parer nostro il risultato di questo progetto.

79. L' apertura fra il fanale e il lazzaretto salva il progetto dagli inconvenienti relativi alla chiusura di essa; cioè dall'interrimento verificatosi dalla parte di ostro quando detta apertura venne chiusa. Essa infatti lascia libera l'entrata alle materie provenienti da ostro. Ma deve ragionevolmente ritenersi che per la forma del progettato molo, per l' angusta bocca che esso lascia da tramontana, per il taglio del molo Cosimo, per gli effetti de' flutti di sinistra che imboccano nella suddetta apertura e per la natura del giuoco delle correnti, le materie non potranno essere egualmente libere e dirette nella uscita dalla bocca. È nostra opinione ch' esse si dividerebbero in quattro parti principali. Una si fermerebbe nel nuovo tranquillo ricovero fra gli angoli, fra la curva del nuovo molo ed i bastimenti in esso ormeggiati, ivi condotta dalle risacche de' flutti di sinistra e dalle correnti: l'altra entrerebbe nel taglio del molo Cosimo e s'introdurrebbe nell' attuale porto: la bocca per essere stretta ed adiacente alla punta del molo Cosimo obbligherebbe una parte di esse materie a radere di molto questa punta ed entrare, anche per questa via, nell' attuale

(1) Rendiamo grazie al bravo capitano della marineria toscana sig. Bartolani che ci favorì copia del disegno di questo progetto.

porto: la quarta finalmente uscirebbe di nuovo nel libero mare. Che se il taglio del molo Cosimo col mezzo di una porta si chiudesse nelle circostanze di maggior affluenza di materie, queste lascerebbero traccie più vistose nel nuovo ricovero. Dunque sotto il rapporto degli interrimenti il progetto in discorso ci presenta gravi difetti.

80. Ma esso presenta altro difetto più grave ancora, sotto il rapporto nautico. Una sola bocca, non più larga di 70 metri ed aperta per tramontana non sarebbe di certo atta a permettere l'entrata ai legni a vela, quando questi ne avrebbero maggior bisogno. Con tutti i venti più nocivi, cioè di sinistra, e quando il mare è sconvolto, i detti legni di ogni grandezza sarebbero scartati dalla ripetuta bocca: e se alcuno di essi entrar vi potesse, l'attiguo molo Cosimo, e sottovento al legno entrato, non potrebbe evitarsi senza straordinari, e non sempre sicuri aiuti: quindi l'approdo sarebbe anche più pericoloso e di più serie conseguenze di quello che lo sia nell'esistente porto. Ogni uomo pratico delle cose di mare c'intende benissimo senza ulteriori dimostrazioni.

81. In complesso poi ci sembra, che la grande spesa dell'opera non darebbe un corrispondente beneficio. Difatto un braccio più lungo di 166 metri dell'esistente molo Cosimo, e quanto questo per necessità solido e comodo, non aumenterebbe che di due terzi la superficie dell'attuale porto, e di questi la sola parte del molo nuovo darebbe conveniente stanza ai bastimenti, perchè lungo il molo Cosimo

verrebbero ad essere molto danneggiati dal mare di ostro, ch' entra nell' apertura del molo Ferdinando, e molestati dalla corrente e materie, che lunghesso il molo Cosimo camminano. Questo molo, solido, grande e comodo, e che ha costato allo Stato rilevanti somme, passerebbe a fare l' ufficio di muro di tramezzo senza che i legni dalla parte del nuovo porto vi potessero operare: quindi anche sotto questo ristretto ufficio resterebbe oggetto incomodo se non si vuole nocivo. Noi invece riteniamo che sia cosa utile e lodevole il ricavare il massimo beneficio possibile dalle opere esistenti, e specialmente di una di sì gran valore.

82. In genere questo progetto ha la simpatìa di molti non esclusi i marini. Esso sarebbe in certo modo il compimento del progetto di Cosimo I (60), ed ogni storico, che dopo quell' epoca ha parlato del porto di Livorno, consiglia l' esecuzione del concetto del primo granduca de'Medici. Ma oggi esiste il molo di Cosimo II il quale non può essere trascurato, e per noi forma l'ostacolo principale alla convenienza del molo sanitario nel modo come è stato proposto. Nulladimeno, sì favorevole e generale opinione doveva per certo esser presa in particolare considerazione, e l' abbiamo con molto impegno studiata. Trovare il modo di ricavare profitto de' bracci del fanale, ed avere conveniente nuovo porto innestato al vecchio, tale è il quesito che si può proporre per aderire alle suindicate brame; e tale per l' appunto ci venne proposto dal più volte citato commendator Manetti. Noi rendiamo sensi di gratitudine al sullodato com-

mendatore, perchè la soluzione che di esso abbiamo fatta ci ha fruttato, a parer nostro, la composizione di uno de' migliori progetti che convenga effettuare per dare nuovo porto alla città di Livorno. Tal risultato ci proverà pur anche, la giustezza dell' opinione generale sulla preferenza del progetto in genere.

83. Preso adunque in serio esame il progetto sanitario, ecco quali rilevanti modificazioni ed aggiunte crediamo debba subire. Andrebbe chiusa l'apertura fra il fanale e lazzaretto S. Rocco al difuori della bocca dell' esistente canale. (1) (Figura 2) Ciò produrrà l' inconveniente del gran raduno di materiali di sopra rimarcato, il quale dovrà assodarsi il più presto possibile onde togliere l' infeste esalazioni, che dalle putrefatte alighe emanano. Quest' interrimento giunto che sarà all' angolo della base del fanale cesserà di protrarsi, perchè ivi si deve verificare quanto è accaduto per il molo Cosimo.

L' altro tratto del molo Ferdinando anderebbe prolungato ancora di 500 metri in direzione non paralella a quello Cosimo, ma a tramontana quaranta gradi ponente, e ciò nelle viste di raggiungere maggior profondità di acqua, guadagnare più superficie e respingere le materie all' alto mare quanto più si possa. Noi per maggior solidità dell' opera avremmo preferita una linea curva in questo braccio, ma essa

(1) Questo canale o fosso era per lo passato chiuso perchè spesso veniva ostruito dalle alighe; oggi è riaperto e non manca di esserne come prima assalito. Venendo a far parte del nuovo porto sarà difeso, e darà a questo, utile comunicazione coll' esistente porto e coll' interno della città.

non opporrebbe alle materie, poste in movimento da ostro a tramontana, tale efficacie mezzo, per essere allontanate, quale si raggiunge con un braccio rettilineo così giacente. A rendere meno sensibile siffatto difetto di solidità, ed ottenere che i flutti vengano respinti fuori la punta del detto braccio, e non prendino a traverso i bastimenti che entrano nel porto ne' casi più tristi, proporremmo che verso la detta punta terminasse curvilineo con il centro della concavità rivolto a ponente 50° ostro. Il ripetuto braccio vorrebbesi nominar LEOPOLDO a perpetuare il nome del principe magnanimo che si occupa a dar nuova vita al porto di Livorno.

84. Questi cambiamenti al progetto sanitario ci danno un porto di forma e grandezza presso che eguale all' attuale, quindi il nuovo porto dalla parte de' venti di *provenza*, o sia da ponente a tramontana-maestro, avrà gli stessi difetti del vecchio porto, ed anche più che in questo dannosi, perchè il nuovo è più aperto, e perchè non ha la nociva secca nel mezzo del suo bacino, l' esistenza della quale salva in gran parte il vecchio (42).

85. Lo scopo della curva nel molo sanitario (figura 1) è quello di rimediare a questi difetti con restringerne la bocca, ma abbiamo veduto (80) che sì fatta bocca non permette l' ingresso ai bastimenti, e precisamente quando essi ne hanno maggior bisogno, e se cotesta bocca più larga si lasciasse, non rimedierebbe ai difetti in discorso: quindi è di necessità provvedervi con altro espediente.

E questo a parer nostro sarebbe uno *spezza-flutti* ossia scogliera (fig. 2) che facesse l'ufficio di antemurale per le onde del quarto quadrante. Questo spezza-flutti dovrebbe correre da ostro 20° libeccio a tramontana 20° greco, con lunghezza totale di 700 metri; ma divisa in due tratti, uno di 300 metri, l'altro di 400, e discosti fra essi 130 metri. Le cime di queste scogliere crediamo sufficiente che giungano al livello massimo del mare calmo: renderle praticabili come si fa de' moli e de' veri antemurali, lo crediamo non necessario e non utile. Lo scopo loro è quello di porre sufficiente ostacolo ai flutti onde sia riparato il porto. Alcuni massi fuori di acqua anche quando il mare è ondoso, posti alle estremità e ad intervalli lunghesse, sarebbero bastanti segni per essere evitate dai naviganti. Un fanale, secondario relativamente a quello esistente, posto sulla punta del molo Leopoldo compirebbe di notte la necessaria indicazione per le scogliere non solo, ma per l'estremità del molo stesso.

Dalla punta di questo molo, l'estremità della piccola scogliera che guarda l'alto mare dovrebbe corrispondere per ponente 10° tramontana, con 240 metri di distanza fra una punta e l'altra, e l'estremità che guarda la terra si traguarderà per tramontana 22° maestro. Dalla punta del molo Cosimo l'estremità più infuori della gran scogliera si vedrà per ponente 10° tramontana e quella più in terra per tramontana 35° a ponente. La prima estremità sarà 280 metri distante dalla punta del molo Leopoldo, e la seconda 550 metri dal molo Cosimo.

86. Lo scopo della lunghezza totale di queste due scogliere è quello di difendere non solo il nuovo porto, ma sibbene anche una parte del porto vecchio, cioè quella parte che lascia scoperto il nuovo moletto (A) e che costituisce la bocca dell'esistente porto da noi riformato, come si vedrà all' articolo ottavo. La disposizione di dette scogliere mentre esercita questo interessante officio, raggiunge pur anche quello interessantissimo di lasciare libero corso ai flutti più potenti e nocivi, ed alle materie. Quelli e queste potranno proseguire il loro viaggio senza che i due porti ne risentano nocumento alcuno. Di più questi goderanno i benefici propri di tre bocche, profonde, e comode. Crediamo in fine che queste scogliere completando la conveniente calma fra un porto e l'altro, possano far risparmiare il taglio del molo Cosimo, da noi ritenuto opera rilevante, meno che non si limitasse per il passaggio de' piccoli bastimenti. Intanto abbiamo la comunicazione interna per il canale del lazzeretto che la crediamo molto utile (83 nota).

87. Questo progetto in tal guisa ridotto, siamo di parere, che racchiuda molto di buono, ma non quanto di meglio convenga fare per prima cosa. L' articolo ottavo darà ragione di questa eccezione.

SECONDO PROGETTO

88. Questo avrebbe l' utile scopo d' internare i bastimenti fra le strade della città. Il ponte fisso alla Sassaia verrebbe sostituito da uno girante. Resa per

questa via praticabile la entrata de'legni nei canali, detti fossi, i bastimenti verrebbero a fare le operazioni di carico e discarico sulle sponde dei canali stessi. Pratica eminentemente economica, e conveniente per la conservazione delle merci. L' estensione de' canali da percorrersi sarebbe proporzionale al bisogno del commercio.

89. Questa idea può essere appoggiata da esempi tratti da popoli i più commercianti del mondo. L'applicazione di essa raggiungerebbe in genere, e volendo anche in specie, l' ufficio de' *Docks* (1) ossia bacini, l' utilità de' quali è incontrastabile. « Gli inglesi non hanno timore di moltiplicare i bacini, non solo a Londra, ma in tutti i porti di mare di qualche importanza, perchè essi li considerano come un elemento indispensabile ai progressi della navigazione e del commercio. » (2)

Il già citato baron Dupin così si esprime sull' uso de' docchi. « Il commercio ha guadagnato nella istituzione de' bacini, una più gran celerità nello scarico e per conseguenza nelle vendite; inoltre, una diminuzione del 18 per 100 nelle spese di scarico e nel collocamento in magazzino. I bastimenti ormeggiati in acqua tranquilla ed al ridosso de' moti del mare, conservano meglio i loro scafi o corpi, i loro attrezzi e soprattutto i loro ormeggi; posti in un recinto diligentemente guardato, non hanno a temere

(1) *Dock* dal greco δοχεῖον ricettacolo.

(2) Si veda *Montbrion, Dictionnaire universel du commerce, etc.* Paris 1850 al vocabolo *Dock*.

veruna depredazione. In quanto al governo, ha guadagnato non solo i diritti imposti alle mercanzie tolte all' occasione del contrabbando, ma tutta l' economìa che risulta da un numero minore d' impiegati necessari alle operazioni doganali e de' balzelli (diritti indiretti) in bacini esattamente chiusi, con magazzini spaziosi, regolari e contenenti, in luogo separato, ciascuna specie di prodotto soggetto a tasse differenti. » (1) Oltre di che i ripetuti docchi facilitano la circolazione de' valori commerciali, togliendo il bisogno di consegnazione materiale, e sostituiscono a delle trasmissioni costose ed inutili, il semplice negoziato del *warrant* o sia attestato del magazziniere.

L' utilità somma di avvicinare, anzi d' immedesimare, le operazioni commerciali nel centro stesso della città, che vi si occupa, è stata sempre viepiù sentita. Gli inglesi stessi che intendono sicuramente il commercio quanti altri mai, e che sono forniti di ogni mezzo che l' industria de' trasporti abbia potuto suggerire, pure han preferito di conservare il porto nel centro stesso della loro capitale, ed han voluto favorirlo a costo anche d' immense spese. E fra le altre avendo determinato di congiungere due grandi bracci della città, per non gittare sul fiume un ponte che allontanasse anche di poco dall' interno della medesima l' approdo delle merci, hanno eseguito il più ardito, il più vasto, il più dispendioso progetto de' nostri tempi col costruire il gran passaggio sotto lo stesso Tamigi.

(1) *Voyages dans la Grande-Bretagne, force commerciale, côtes et ports.* Paris 1826, tom. 2. pag. 36 e 37.

In Glascow si sono eseguite delle opere rilevantissime per ottenere, che i bastimenti s'internassero fra le strade di quella industre città. (1) Ed in Trieste non si sono risparmiati sagrifici per raggiungere lo stesso intento.

Se si volesse, molti e molti altri esempi di questa specie si potrebbero citare. Ma passiamo ad altre considerazioni.

90. Per i bastimenti entrati e per gli equipaggi de' medesimi, non vi può essere progetto più utile e comodo. È utile difatto per i bastimenti ormeggiati essere circondati da casamenti. Abbenchè un porto costudisca sempre l'acqua tranquilla, i bastimenti saranno spesso incomodati nelle frequenti occasioni di vento forte, se sono difesi dalla sola altezza de' moli. Il distinto ingegnere De Cessart riconoscendo di quanto beneficio sono i fabbricati che circondano la stazione de' bastimenti consiglia *de maisons ou de magasins de* 30 *pieds de hauteur, pour mettre les navir à l'abri des vents.* (2)

È comodo in fine agli individui che compongono gli equipaggi de' legni trovare nel luogo di stazione tranquillo ricovero. Essi, dopo aver sofferto non poco per i disagi inevitabili nei viaggi, hanno diritto a vivere in pace i pochi giorni che restano nei porti. Oltre la fatica del carico o discarico delle merci e delle riparazioni e pulizia del loro bastimento, l'essere obbligati a sorvegliare la sicurezza del medesimo

(1) Dupin, *Mémoires sur la marine etc.* Paris 1818 pag. 78.
(2) Opera citata, tom. I §. 316.

anche ormeggiato, l'incomoda e l'inquieta di molto. In più casi per esempio, preferiscono la vita dell'alto mare a quella che passano nell'attuale porto di Livorno.

Così, concludiamo, economìa per il bastimento, economìa per la mercanzia, miglioramento nell'amministrazione, liberazione dagli ostacoli doganali, semplificazione di lavoro per il negoziante, prontezza di trasmissione de' valori commerciali, ecco i benefici di un docche. Dunque uno di tali stabilimenti adattato al commercio di Livorno non può non essere di gran beneficio. Come ne possiede uno comodissimo per i grani, così ne dovrebbe possedere un altro per manifatture e coloniali. Il rimanente de'canali che si destinassero a ricettacolo de' bastimenti, daranno corso a quella parte di movimento commerciale che non conviene depositare nel docche.

91. In quanto ai lavori idraulici di questo progetto si riconoscerà facilmente da ognuno essere più facili e più sicuri di buona riuscita, che quelli di ogni altro. Essi infatti si eseguirebbero in perfetta calma, e se si vuole anche all'asciutto. Questi comodi, la sicurezza dell'esito de' lavori, e l'esistenza de'canali in parte già adatti al nuovo ufficio, ci fanno credere inoltre che questo progetto, in proporzione dell'utile superficie acquistata, sarebbe più economico di quanti altri mai.

92. Dunque sotto il rapporto commerciale, sotto quello di stazione de' legni, e sotto quello economico, non si può desiderare di meglio. Resta a studiarsi sotto il rapporto nautico.

93. Per quanto è a nostra notizia, il progetto in discorso lascerebbe l'attuale porto come ora si trova,

quindi con i rilevanti difetti, che vi si rimarcano. Cosicchè a noi sembra che manca di una parte essenziale, cioè quella di migliorare prima la condizione dell' esistente porto e specialmente la entrata in esso. Vedremo nell' ottavo articolo come questo progetto, che chiameremo *de' bacini*, potrà avere utilissima applicazione: esso completerà un sistema di lavori, compito il quale crediamo che la città di Livorno, sotto questo rapporto, non avrà più nulla a desiderare.

TERZO PROGETTO

94. Questo propone la protrazione del molo Cosimo onde guadagnare superficie. Se la costituzione del lido non fosse progrediente, e se in continuazione del detto molo i scandagli dassero un aumento di profondità di acqua, il progetto potrebbe aver del pregio, ma disgraziatamente il lido cammina, e quel ch' è peggio, quanto più si prolungasse il ripetuto molo, tanto meno acqua si troverebbe. Difatto a duecento metri di protrazione si troverebbe scemata di un metro: quindi si diminuirebbe il numero de'grossi bastimenti che dovrebbero entrare nel porto, e si aumenterebbero per tutti le difficoltà già gravi di cui abbiamo parlato. In fine osserveremo che quando anche questo progetto non peggiorasse le condizioni dell'attuale bocca del porto, ma vi conservasse quella profondità di acqua che oggi possiede, lo scopo di guadagnar superficie viene tanto meglio e con più economìa raggiunto dal progetto de' bacini, che da questo: quindi quello sarebbe sempre di molto preferibile.

ARTICOLO VII.

Descrizione succinta del progetto Poirel. Applicazione de' studi locali al progetto medesimo, e conseguenti risultati.

95. Il porto progettato dall' ingegnere Poirel è del tipo del Trajano in Civitavecchia: questo è un vero porto modello. Belidor dice, *on ne peut disconvenir que la disposition qu'on a donnée au port de Civitavecchia, ne soit fort heureusement imaginée, étant la seule qui paraît convenir, lorsqu'il s'agit d'en établir un sur une plage battue de la mer* (1). Ed è anche *le port le mieux placé de la côte d'Italie.* (2) Il porto di Poirel adunque è formato da due bracci e da un antemurale (figura 3). Noi non esamineremo che le sue parti principali. Uno di detti bracci cioè quello di destra, parte d'appresso la fortezza vecchia, s'inoltra in retta linea al mare, passa a metri 150 discosto dalla punta del molo Cosimo, e misura in lunghezza 900 metri. L' altro prende origine dal detto molo presso la sassaja, s' incorpora in esso l' estremità di tramontana del molo Ferdinando, e paralello a

(1) *Architecture hydraulique* 2. parte libro 3. § 631.

(2) Auniet, *Note sur les ports de État romain.* Annales des ponts et chaussées. 1834. Sem. 1 pag. 148.

quello di destra si prolunga misurando in tutto metri 650. L'antemurale con metri 1000 di lunghezza copre la grande apertura formata dai due bracci, e lascia due bocche, una da tramontana e l'altra da ostro, di metri 50 apparenti.

96. Noi crediamo che coteste bocche di soli 50 metri sopra la superficie del mare siano strette di molto. Quando il mare è grosso, e più ancora se contemporaneamente il vento è debole, dette bocche non permetteranno ai bastimenti di approfittare del porto. E se uno di essi tentasse l'approdo in detti casi, nei quali generalmente le vele sono con i bassi terzaruoli, e fallisse l'entrata, la sua perdita deve ritenersi per certa: e ciò che molto peggio sarebbe, col sagrifizio forse della vita di alcuno dell'equipaggio. Il porto di Civitavecchia dominato dagli stessi venti e flutti che dominano il lido livornese, e disposto nella direzione delle bocche pressochè come quello progettato da Poirel, ha grido di pericoloso approdo con i grossi tempi di fuora, perchè le sue bocche sono strette. (Grido invero soverchio, come noi col fatto più volte abbiamo provato.) Ebbene quelle bocche hanno oltre 100 metri utili di apertura e 150 apparenti. Il Poirel stabilisce maggiore sporto nell'antemurale sopra la punta de' bracci di quella che siavi in Civitavecchia, collo scopo, crediamo, di coprire le bocche dai marosi, ma noi opiniamo che sì fatto scopo non sia raggiunto. Si potrebbe osservare che al nuovo porto di Marsiglia hanno stabiliti quaranta metri di apertura alla bocca di ostro, ma l'essenza di questa bocca è ben diversa da quella del porto Poirel relativamente

ai venti che formano i marosi più potenti: essa è convenientemente difesa contro i venti di terra dallo sporto dell' antemurale che forma un avan porto di sei ettari di superficie, la quale corrisponde a sei ventesimi dell'intero porto; ed è vantaggiosamente riparata contro i flutti e contro i venti di fuora dalla costa opposta ove trovasi la batteria del faro, dimodochè il mare è sempre calmo nelle sue vicinanze. Dunque come crediamo ben appropriato al porto Poirel l' esempio di Civitavecchia, così riteniamo che mal sarebbe appropiarvi quello di Marsiglia.

Dopo ciò ci sembra, che l' autore del progetto in discorso non si trovi d' accordo col *grand principe que* ***tout*** *dans un port de mer doit être subordonné a la facilité de l'entrée et de la sortie.* (1)

97. Il Poirel tanto per i bracci quanto per l'antemurale ha preferito le linee rette invece delle curve praticate nel porto Trajano. In ciò ha seguito non quelli che *pour résister plus efficacement à l'action normale des vagues* convengono che la *direction de l'alignement devrait être convexe vers le large;* ma sibbene quelli, i quali *recherchant avant tout la facilité et l'économie d'execution, préfèrent des alignements droits.* (2) *Mais une économie mal-entendue devient une faute ca-*

(1) Sentenza del consiglio del corpo de' ponti e strade di Francia riportata dal signor di Cessart: opera citata tom. 2. pag. 30

(2) Sganzin e Reibell, opera cit. tom. 2. pag. 289 e 290. Più recenti ed accurate esperienze fatte dall'ingegnere Bellinger confermano pienamente l'utilità maggiore de' moli curvi a confronto de' rettilinei. Egli ne ha compilata un' interessante memoria col titolo *Observations sur la forme qu'il convient de donner aux ouvrages à la mer* Annales citati 1. semestre 1849. pag. 334.

pitale en administration, puisqu'elle compromet les fonds publics et le succès des travaux; ce n'est que dans la durée des monumens que l'on trouve la véritable économie, la grandeur nationale, le caractère et le génie qui les ont conçus et executés. (1)

98. Il porto Poirel disposto nel surriferito modo s' inforca o innesta al capo di Livorno e prolunga in mare la lingua per ben 800 metri. Quindi crediamo che breve sarà la durata utile di esso. Vediamo.

È massima che un porto non si deve costruire alla testa di un capo: *autant que faire se peut, un port se place au fond d'une rade ou d'une baie.* (2) E questa massima è rispettata da *des ingénieurs distingués* e per i porti *de la Méditerranée* onde porli *à l'abri des ensablements.* (3) Il porto di Trajano in Civitavecchia si é conservato a traverso ai secoli di barbarie; esso è a ridosso del capo Linaro: quello vasto e superbo di Nerone in Anzio è invece giunto a noi ricolmo di arena: questo è innestato al capo di Anzio, ed alquanto più di questo capo protratto in mare.

Abbiamo veduto che il capo di Livorno è la linea di passaggio della massa maggiore de' materiali i quali da ostro a tramontana si dirigono, e viceversa (51, 54 e 57,). Abbiamo veduto inoltre che opporre ostacoli a siffatto passaggio produce aumento di spiaggia addosso agli ostacoli e dentro di essi (62 e 72). Or bene, *ces exemples prouvent qu'on ne doit changer*

(1) De Cessart, opera citata tom. I. pag. 9. e 10.

(2) Minard, opera citata pag. 49.

(3) Sganzin e Reibell, opera citata, tom. 2. pag. 208

le régime d'une côte que avec réserve. (1) Invece di opporsi il *faut au contraire suivre en quelque sort la nature, en ne présentant point aux flots un nouvel obstacle qui pût interrompre leur effet et arrêter le passage du galet.* (2) E i tristi effetti di questi esempi li abbiamo veduti prodotti non solo altrove ma benanche addosso il nostro porto, ed abbiamo altresì veduto di quali funeste conseguenze sarebbero stati per esso, se non vi si poneva rimedio col togliere l'appostovi ostacolo (72); ed è assioma che *la marche des alluvions, a la plus funeste influence sur l'accession des ports.* (3) Ora, il braccio sinistro del progetto Poirel essendo la ripetizione di quanto si fece al Marzocco (65); alla marina di Vico e in quella di Atrani (67); nei due punti del porto d'Anzio (68); a Brescou (69); a Cette (70), ed in fine quanto si operò in Livorno nel 1590 quando si congiunse il fanale alla costa (62), e quanto si è praticato a nostri giorni unendo lo stesso fanale coll'attuale lazzaretto S. Rocco (72) ne consegue che coll'ostacolo identico e coll'eguale costituzione del luogo avremo gli stessi risultati. *La nature toujours constante dans ses moyens, l'a toujours été dans ses effets* (4). Ma questi risultati saranno, per effetto dei lavori progettati dal Poirel, anche di maggior entità, e quindi più nocivi di quelli, perchè il detto braccio e l'antemurale si prolungano in mare molto più di

(1) Minard, pag. 63 e 64.

(2) D'Arcy e Borda in De Cesart, opera citata tom. 2. pag. 40.

(3) Minard, opera citata pag. 69.

(4) Lamblardie, *Mémoire sur les côtes de la haute Normandie ec.* Havre 1789. pag. 31.

quanto trovasi il fanale, e così più di quest' ostacolo abbracceranno materie ostruenti, e ciò in un rapporto anche maggiore del maggior prolungamento. (1)

Oltre di che fa mestieri notare che l' indispensabile sporto dell' antemurale relativamente al braccio del molo, stabilito anche soverchio, ma non sufficiente per lo scopo di assicurare l' approdo nel porto (96), sarà altra causa di viepiù sollecito interrimento. È legge universale delle acque correnti il radere l' ostacolo che incontrano per via, e questa legge è applicabile tanto al sinistro che al destro braccio. Or bene « Il movimento dè sabbioni (od altre materie) è come una corrente di acqua: se a questa viene sbarrato con chiusa il canale, s' interrompe per breve tempo il suo corso, finattantochè, alzandosi essa, superi la sommità della traversa, superata la quale, si continua il primitivo moto come se la chiusa non esistesse. In simil guisa la palizzata, (il braccio, l' ostacolo in fine) arresta il corso di una mano di sabbioni, finchè questi, ad esso addossandosi, superino la sua estremità; dopo di che proseguono

(1) Noi non abbiamo potuto avere le misure precise del progetto Poirel: quelle che abbiamo adottate (95) sono dedotte a occhio dal vero progetto più volte veduto. Ma quand' anco le nostre misure non siano esatte, sarà sempre esatto il nostro raziocinio; pochi metri più o meno sulla lunghezza de' moli non alterano punto il merito della questione. Il difetto grave del progetto in discorso, è difetto di massima: le sue parti come il suo tutto crediamo nello stesso modo difettose; ridotte anche al minimo le misure di esse, se con ciò cesseranno di presentare infelice risultato, resteranno altresì inutili allo scopo. Si abbia la pazienza di continuare la lettura del testo, e ci lusinghiamo che sempre più chiara si manifesterà la verità.

come prima da sinistra a destra il loro cammino, nulla più giovando a trattenerli la superata palafitta. » (1) Giunte adunque le materie alla estremità del braccio, mentre trovano la bocca del porto per potervisi introdurre, trovano altresì lo sporto dell'antemurale, che le obbligherà ad introdursi senza potere neppure in parte deviare. E, come è naturale a comprendersi, entrata che sia la torbida corrente nella tranquilla acqua del bacino del porto vi deporrà i materiali di cui è carica, e così si rende inevitabile l'interrimento del medesimo (19). Abbiamo veduto quanto è la massa annua delle materie che il moto de' flutti e le correnti fanno passare dinanzi al capo di Livorno (65 e 52), quindi dobbiamo desumere che questa massa dovrà accollarsi all'ostacolo o braccio Poirel ed avere ricetto nel porto. È *connu que pour combler et atterrir promptement un endroit de la mer ou d'autre eau qui a du mouvement, le plus sûr moyen est de faire une digue opposée au courant joignant et au-dessus de l'endroit qu'on veut combler ec.* (2) Cosicchè con i lavori progettati dal Poirel avremo in fine i risultati che hanno avuto le provincie neerlandesi. Queste, *quand l'estran qui forme la base des dunes est insuffisant ou attaqué, on l'entretien ou on le développe au moynen d'épis appelés palhoofdt, ou têtes de mer, qui ont jusqu'a* 100 *et* 150 *mètre de longueur et dont la direction est nor-*

(1) Tadini, *Di varie cose alla idraulica scienza appartenenti.* Bergamo 1830. pag. 238.

(2) Vauban in Minard pag. 231

male à la côte. (1) Ma noi abbiamo bisogno di conquistare e conservare profondità di acqua e non di territorio.

99. Quali sono i rimedi al male che presenta il progetto in esame? Ecco come ragiona sopra questa questione Lamblardie padre, uno dei più distinti idraulici che la Francia abbia avuto: noi non facciamo che applicare il ragionamento alle condizioni del nostro lido ed al caso nostro. Si può in effetto domandare: da ove vengano le materie? dal fondo e dalle sponde del mare. Si può impedire che questo acccada? ciò è impraticabile. Dunque è impossibile d' impedire che le acque s' impregnino di esse. Quali sono le cause che conducono le materie a radere il nostro lido? la direzione e l' azione dei flutti unita a quella della corrente, principalmente quando soffiano i venti compresi fra ostro-scirocco e ponente, i più costanti e i più violenti che soffiano sopra questo lido (36 a 40). Può opporsi allo sforzo delle onde e delle correnti, o almeno deviarlo, colla esecuzione del progetto Poirel? la cosa è impossibile. Le materie dunque verranno sempre; *et a quelque distance que vous prolongiez vos jetées, laissez agir la nature, le galet* (e più facilmente le materie che costituiscono il nostro subacqueo lido,) *les aura bientôt dépassées: c'est l'affaire du temps; et le temps et la nature seront toujours au-dessus de vos efforts.* (2)

(1) Jules Lacroix, *Essai sur l'histoire hydraulique de la Néerlande.* Annales des ponts et chaussées. Septembre et Octobre 1846, pag. 189. e 190. Emy § 220 e 223.

(2) Lamblardie, opera citata § 66.

Dunque l' interrimento, e sollecito, del porto Poirel è certissimo ed inevitabile. *Or le manque de profondeur d'eau est un mal permanent très-grave, qui affecte tous les temps et tous les navigateurs, qui peut anéantir à la longue la prospérité du commerce dans un port, et dans les côtes limitrophes.* (1)

100. Al grave male dell' interrimento, il Poirel suggerisce il trito rimedio dello spurgo. Che questo mezzo debbasi usare per conservare un porto già esistente si trova logico, ma che debba proporsi come assoluto rimedio di esistenza per un porto che deve costruirsi, si troverà poco lusinghiero. Il suggerito rimedio d'altronde *suppose le malfait,* ed i meccanismi dello spurgo *exigent des dépenses continueles, et n'operent qu'à la longue, et aprè un travail assidue et coûteus. . . . . L'homme est trop faible pour de pareilles entreprises.* (2) *Les ruines d' anciens ports et l'histoire apprennent que ce moyen, toujours abandonné ou suspendu dans les périodes de crises politiques et commerciales,* ***n'a point empêché un grand nombre de ports célèbres*** *de l'antiquité et du moyne âge de* ***disparaître sous les attérissements.*** (3)

101. Oltre ai citati in questo scritto, molti altri distinti uomini si sono occupati colle più accurate esperienze, ed anche analitici studi, di trovare il modo di vincere coll' arte i difetti de' porti come quello del Poirel costituiti, ma tutti han confessato che la scienza e l' esperienza non somministrano efficace rimedio.

(1) Sganzin e Reibell pag. 316.

(2) Forfait, *Encyclopédie méthodique.* Padoue 1785 al vocabolo *Curer,* pag 658 e 659.

(3) Sganzin e Reibell pag. 316.

Tutti perciò consigliano di *abbandonare ogni tentativo tendente a violentar la natura, e di scegliere piuttosto altri mezzi, i quali per così dire blandendola, la disarmino, e la rendano propizia ai nostri divisamenti.* (1)

Dunque, se mal non ci apponiamo, il porto Poirel opponendosi ai consigli degli uomini sommi in queste materie, violentando la natura e non rispettando l'esperienza che abbiamo della nostra stessa località, non può non aver che breve durata utile.

102. Per l'ossequio che personalmente il sullodato Poirel c'ispira, e per quello dovuto ai suoi rimarchevoli talenti scientifici e pratici de' lavori di mare, con dispiacere non lieve ci siamo trovati forzati a queste conclusioni. Preghiamo quindi il distinto ingegnere a compatire la nostra pochezza se abbiamo fallato, ovvero rispettare in noi il dovere che sentiamo, come ogni altro amatore della scienza e del bene della Toscana, nell'esporre francamente il nostro parere in opera pubblica e di tanta importanza. Ma anche senza queste riflessioni troviamo in Poirel stesso la nostra difesa. Se il progetto da lui proposto non si trova soddisfacente, si deve senza dubbio a difetto di locale esperienza, ed è sentenza di Lui che l'esperienza è *indispensable pour rectifier les conceptions de l'esprit, même le plus pénétrant.* (2) Quindi dobbiamo ritenere ch'Egli, guidato dalla giustezza naturale del suo spirito, e consultando i risultati dell'esperienza che gli poniamo sott'occhio, sarà per venire nel nostro parere, o almeno far buon viso alla nostra intenzione.

(1) Cavalieri, opera citata § 790.
(2) Opera citata pag. 26.

ARTICOLO VIII.

Necessità di nuovo progetto che risolva con utilità e convenienza il problema. Analisi di esso.

103. Se per la cattiva costituzione del lido, se coll' arma dell' autorità di uomini di scienza e di arte, se con l' altra degli esempi di porti vicini, ed in fine con quella più potente ancora dell' esperienze locali ci è stato facile attaccare, con fondata speranza di trionfo, il progetto Poirel quantunque coperto dall' egida del chiaro nome dell' autore, non così facile ci sembra proporre quanto di meglio possa farsi per dare un utile e conveniente porto alla bella città di Livorno: quindi in questa difficile ricerca sempre più sentiamo il peso della nostra insufficenza ed il bisogno di dar termine al nostro lavoro. Ma dimostrato avendo la necessità che Livorno abbia porto, ed avendo avuto il coraggio di condurre il lavoro fino a questo punto, sentiamo altresì l' obbligo incorso di proporre quel rimedio che migliore crediamo agli esposti mali. Nel ciò fare protestiamo però che noi offriamo il lavoro come un saggio, il quale si raccomanda unicamente per la importanza del suo soggetto.

104. Questo lavoro adunque lo presentiamo come un avanprogetto. La compilazione particolareggiata

di sì grand'opera esige non solo molte cure e fatiche, ma bene anche una serie di dimostrazioni che renderebbe questo scritto più del doppio voluminoso. Un tal lavoro, di già incominciato, farà forse seguito al presente. Nulladimeno speriamo compendiare in questo articolo tanto che basti a dare esatta idea dell'opera che abbiamo avuto in mira di progettare. Questo riflesso ci scuserà, speriamo, per la lunghezza dell' articolo.

Nelle ricerche per la soluzione del problema che ci siamo imposto, abbiamo sempre avuto in mira di congiungere la efficacia de' mezzi, la conservazione massima de' grand' interessi commerciali e governativi esistenti, e l' economìa del pubblico tesoro.

E siccome ogni cosa deve procedere gradatamente, e che l' aspirare di primo slancio al meglio è sovente grave ostacolo al bene, così noi proponiamo dividere l'effettuazione del nostro progetto in tre parti: nella prima eseguirsi quanto crediamo necessario per migliorare senza ritardo e con spesa mite, in proporzione del beneficio raggiunto, l' attuale porto, onde somministrare conveniente ricetto al commercio esistente. Circondati come siamo da imperfezioni, ci contenteremmo di sollecito miglioramento, rimettendo al seguito, o eseguendo contemporaneamente secondochè si voglia, quanto riteniamo utile e conveniente non solo all' esistente movimento commerciale ma benanche a quel naturale sviluppo, che non può mancare di aver luogo. Questo pensiero guiderà la seconda parte. Si propone in fine di effettuare la

terza quando il detto sviluppo sarà più pieno. Prendiamo a trattare le suddette tre parti. Si veda la figura 4.

PRIMA PARTE DEL PROGETTO

105. All' esistente moletto se ne congiunge uno nuovo e praticabile (lett. A fig. 2 o 4): questo s'inoltra in linea retta verso il molo Cosimo sino ad essere in direzione ponente-levante colla estrema punta del medesimo, lasciando una bocca di 150 metri locchè sviluppa 320 metri di moletto. L' estremità tramontana del vecchio moletto si chiude verso terra con un braccio di 250 metri. Lo spazio circoscritto da questo moletto e da questo braccio formerà utile darsena per i legni del governo: essa avrà nel fondo una porta d' aprirsi a piacere pel passaggio delle barchette in tempo di bagnature, e per altri servigi.

106. Questi nuovi bracci veruna influenza avranno col sistema idrodinamico del lido livornese: essi possono considerarsi opere interne perchè il molo Cosimo le cuopre dai flutti e dalle correnti più infeste, quindi saranno sotto ogni rapporto benefici, e specialmente il primo.

107. Vediamo l'utilità di questi lavori: cinque sono i principali benefici che ne derivano, senza calcolar quello, anche rilevante, del nuovo ricettacolo da noi proposto come *darsena militare*. Il primo sarà quello di liberare in gran parte il porto e la darsena dei legni di commercio, dalla molestissima risacca a riflessione. Questa ivi danneggia molto ed anche spezza gli ormeggi; produce avaree nelle abbozzature

de' medesimi, ne' loro incrociamenti, ne' punti di appoggio sopra i navigli ec. Ma danni maggiori ne soffrono i bastimenti per lo sforzo che ne risentono, e per la vicinanza in cui fra loro si trovano: essi infatti tratti con violenza per un verso, e tosto pel verso contrario tessono e si urtano fortemente, l'un l'altro; e da ciò quel ferale cigolìo che sloga la chiodagione, apre i commenti delle carene, allarga le commessure degli bai e degli scalmi.

Il secondo beneficio sarà una conveniente tranquillità dell' acqua nel porto: essa sarà utile non solo per la stazione de' bastimenti, ma necessaria per il profondamento e lo spurgo del bacino costituito dal porto stesso. Come scorgesi dalla pianta, quattro decimi della superfice totale del detto bacino sono ostruiti da un banco. Questo forma uno de' difetti maggiori del porto, ma esso è quello che ora lo rende in qualche parte servibile (2 e 42).

Il proposto braccio adunque permetterà di togliere il banco, e l'aumento di tranquillità da esso braccio prodotta, permetterà eziandio un regolare spurgo. Del sistema di profondare e spurgare il porto terremo proposito nello scritto che abbiamo accennato al paragrafo 103; intanto ora noteremo che nostro parere sarebbe di dare a tutto il bacino del porto cinque metri di profondità, cioè quella stessa quantità che si ha rasente la punta del molo.

Il terzo beneficio sarà quello di ricavare maggior profitto dalle correnti interne. Abbiamo veduta la provenienza di esse (55): obbligate dal nuovo moletto ad uscire dal porto per la bocca ristretta a

150 metri, avranno maggior valeggio per condur seco le materie che nel bacino del porto troveranno sospese dal fondo.

Il quarto sarà quello di tenere il porto in gran parte difeso dai materiali, che da destra a sinistra le onde e le correnti v'introducono (41, 42 e 43). Essi, quantunque in molta minor quantità di quelli convogliati da simili veicoli da sinistra a destra, pure non vanno trascurati. Lo Zendrini ed il Manfredi ci avvertono, che una delle condizioni di un porto è quella « che sottovento non abbia fiumana torbida in distanza, che sia minore di 3 miglia. » (1) Noi abbiamo notato, che la distanza dello sbocco del torbido Calambrone da Livorno non è più di 3000 metri, quindi nocivo al porto qnantunque sottovento; e tale già l'avevano rimarcato il Meyer e Giuseppe Santini come riferisce lo Ximenes. (2) Abbiamo altresì notato la mobilità del fondo de' banchi e secche della Meloria (17); cosicchè non può non riconoscersi l'utilità del proposto moletto, anche dal lato degli interrimenti.

Il quinto finalmente sarà quello di acquistare con poca spesa un 200 e più metri di banchina, proda o calata per ormeggiarvi i bastimenti del commercio.

108. Il porto così ridotto, cioè profondato di 5 metri andanti e difeso anche dal lato di destra, darà certamente esso solo una nuova vita all'attuale com-

(1) Raccolta e *Relazione* citate, tom. 8. pag. 406.

(2) *Raccolta delle perizie ed opuscoli idraulici.* Firenze 1786 tom. 2 pag. 10.

mercio di Livorno. Esso si renderà ovunque praticabile per tutti quei legni grandi e piccoli che in oggi possono entrare nel porto, quindi non si vedrà più quell' ammasso di andane o file di bastimenti che ora ingombrano per due terzi e più il molo Cosimo e rendono difficoltosa e dannosa la entrata nel porto (§ 1). Sgombrata che sia la punta del molo, i legni potranno con molto meno incomoda manovra approdare nel porto, il quale inoltre gli presenterà un vasto e profondo bacino da poter smorzare quella velocità, che gli è stata necessaria per ben guidarsi nella bocca.

Esso adunque è il primo passo, che si deve fare perchè provvede subito la città di un porto; perchè ricava il massimo utile possibile dalle grandi opere già esistenti, e perchè per la sua posizione è il naturale e conveniente centro per la massa maggiore de' legni in azione, sia che si voglia adottare il progetto del molo sanitario riformato (83 a 88) o altro simile; sia che si voglia dare effetto a quello de' bacini o canali interni (88).

Senza di esso, o si allontanerebbe di troppo dalla città il movimento commerciale, o non potrebbe avere conveniente sviluppo un interno movimento. In una parola pel progetto de' bacini è la porta onde entrare: per quello sanitario, o simile, è l'anello indispensabile per unire la città al nuovo porto.

109. Ciò premesso, e ritenuto come eseguita la prima parte del nostro progetto, vediamo quali ne sono i difetti e come vi si possa provvedere.

110. Ridotto il porto in questa guisa rimane sempre con una sola bocca, e quantunque stabilita

più larga della reale che oggi possiede, perchè portata a 150 metri invece di 40 (§ 1) pure è stretta per i bastimenti a vela in alcuni casi della navigazione. Ed in realtà sarà anche più stretta de' 150 metri perchè è molto difficile, se non impossibile, profondare e conservare 5 metri di acqua nell'intero tratto compreso fra la punta del nuovo moletto e quella del molo Cosimo ed anche al difuori di questa linea. Quivi, come si vede dall' unite piante, esiste un banco, che si prolunga verso maestro. Ora, il togliere tal banco per quella parte soltanto, che rende nocumento alla entrata del porto, è da credersi lavoro frustraneo, « perchè, come sagacemente osserva l'illustre Venturoli per un caso simile, perchè dove l'agitazione del mare mantiene perpetuo il trasporto e la corrente della sabbia, le arene vengono subito riportate dal mare a misura che si levano: » (1) e noi stessi abbiamo difatto proprio verificato tale effetto fuori di Fiumicino, fuori porto d'Anzio e fuori Senigallia. Oltre a ciò la quasi costante agitazione del mare, non riparato da veruna parte, permette pochi giorni dell' anno e poche ore del giorno alle macchine effossorie di esercitare il loro ufficio. Nulladimeno con costante sorveglianza e ben diretto lavoro crediamo che un qualche beneficio vi si possa ottenere.

La bocca dunque di 150 metri di luce è stretta, e più stretta ancora di molto per i bastimenti, che pescano fra i 4 a 5 metri; non pertanto essa è troppa larga per le onde, che vi si introducono con i venti

(1) Memoria citata art. 37.

di provenza: quindi per esse e per la conseguente risacca, nociva alla tranquillità de' bastimenti in alcuni luoghi del porto.

111. Col fondo di cinque metri alla bocca non vi potranno entrare a mare agitato bastimenti che pescano oltre i quattro metri, o poco più, per il naturale beccheggio, che il mare stesso gli cagiona. Ora, è noto che il più gran bastimento che deve prendersi per norma per la profondità di acqua in un porto di esteso commercio, è di mille tonnellate metriche: questo richiede 6,^{m} 40 di profondità, dunque sette metri almeno sarà la quantità di acqua voluta.

112. Se a tutto ciò uniamo il bisogno di provvedere per l'avvenire a quel naturale sviluppo commerciale, che in più luoghi abbiamo accennato, si troverà necessario non solo rendere perfetto l'attuale porto ridotto, ma benanche conquistare ulteriore superficie di mare con profondità non minore di sette metri. Questa ricerca forma il soggetto della

SECONDA PARTE DEL NOSTRO PROGETTO.

113. Se ci facciamo ad esaminare il progetto sanitario dopo le riforme ed aggiunte, che vi abbiamo proposte (83 a 88 e fig. 2.) ci sembra trovare nella esecuzione di quello il rimedio ai difetti dell' attuale porto ridotto, enumerati nei tre antecedenti paragrafi (110, 111 e 112). Dopo fatto il primo passo, cioè dopo eseguito quanto proponiamo nell'esistente porto, opiniamo, che il progetto sanitario

riformato non vada più soggetto all' eccezione da noi emessa al paragrafo 87.

114. Si potrebbe dire, che aggiunto questo nuovo porto al capo di Livorno come quello progettato dal Poirel, sarà anch' esso in opposizione colla giusta massima di non costruir porti alla cima de' capi ma sibbene a ridosso di essi, onde evitare gl' interrimenti: ed il riportato esempio dell' infelice risultato del porto neroniano in Anzio conferma la verità di questa massima (98). Ad una tale obbiezione possiamo rispondere, che la bocca del nostro nuovo porto è rivolta a destra cioè a ridosso del braccio principale, mentre quella del neroniano si lasciò aperta a sinistra, cioè esposta ad ingoiare le materie ostruenti che là come quà, viaggiano da sinistra a destra. Questa da noi è stata riconosciuta e dimostrata per la precipua causa che perdette quel vasto porto dell' antica Roma. (1)

Si potrebbe inoltre osservare, che quell'avanzamento di spiaggia al di fuori del lazzaretto S. Rocco di cui si fa tanto carico al progetto Poirel, si verificherà anche colla esecuzione del progetto sanitario ridotto. Ma ci sembra aver già prevenuta una sì giusta osservazione (83): quì basterà lo aggiungere che il braccio sinistro del progetto Poirel si protrae ben più oltre del fanale, ove cesserà l' interrimento del progetto sanitario, ma ciò che maggiormente è a carico del progetto Poirel si è, che le materie

(1) *Osservazioni idraulico-nautiche sui porti neroniano ed innocenziano in Anzio.* Roma 1848. Giornale Arcadico tom. 117.

ostruenti dopo essersi addossate al braccio sono obbligate ad entrare nel porto, che ha una delle bocche aperte a sinistra (95 e fig. 3.). Dunque nel progetto Poirel non è questione soltanto di avanzamento di spiaggia, ma benanche di perdita del porto, perchè le materie resterebbero ivi rinchiuse (98 a 101), mentre nel progetto sanitario dovranno passar oltre (83 e 86).

Finalmente si potrà rimarcare che settecento metri di scogliera portata da rilevante profondità fino a fior d'acqua, non daranno un metro di banchina utile al commercio. Questo in verità è gran difetto. Una sì rilevante spesa non può dare altro beneficio che quello di riparare dalla provenza il nuovo porto e parte del vecchio.

115. Vediamo se vi può essere altra opera salva dai sopra esposti difetti, e specialmente da quest'ultimo, il peso del quale al certo non è paragonabile agl'altri. Noi ora andiamo a proporre un'opera, l'idea della quale concepimmo non appena uscito il Decreto del 13 Maggio e quando ignoravamo ancora i progetti diversi che abbiamo analizzati: idea che a quell'epoca accennammo a delle persone intelligenti residenti in Firenze ed a Livorno e che ora dimostriamo.

116. Gli architetti dell'antica Roma, secondo dimostra l'erudito De Fazio, hanno conosciuto *il segreto della conservazione della profondità ne' porti; e consiste nello accrescere e non già nel diminuire l'energia delle correnti.* (1) Questo assioma veniva da

(1) Opera citata pag. 69.

quei savi uomini dell' antichità posto in pratica, per quanto era possibile, con costruire i moli arcuati. Essi ben comprendevano ridursi in fine a due i principali requisiti che si debbono aver presenti nella formazione de' porti artificiali. Consiste il primo nella conservazione di una convenevole profondità d'acqua, affinchè vi possano galleggiare i bastimenti, che vi si debbono ricoverare. Il secondo è quello di ripararli e renderli sicuri dagli effetti de' flutti. La qual sicurezza stà nel conseguimento di una conveniente calma delle acque nel porto, e non già di una calma *assoluta* equivalente a quella delle acque stagnanti; dappoichè questa sarebbe manifestamente opposta all' indispensabile requisito del facile approdo e della conservazione della profondità. Una calma *perfetta* si deve cercare nelle darsene e nei bacini (88), e non pretenderla nei porti.

117. Abbiamo veduto quali e quanti sono i materiali d' interrimento, che assalgono il capo di Livorno ed a quale giuoco essi vanno soggetti in forza de' flutti e delle correnti che ivi regnano (35 a 75). La qual cosa basta per farvi condannare l' uso dei moli continuati verticali al lido perchè interrompendo il libero corso delle materie, fanno l' ufficio di pennelli o dighe, che col rendere stagnanti le acque promuovono le colmate. Essi inoltre opponendo ostacolo allo spandimento de' flutti ch' entrano nella bocca de' porti, li fanno riflettere e formano quell' agitazione tanto molesta ai bastimenti, cioè la più volte ripetuta risacca.

118. Ingegneri moderni molto valenti trovano interessante il lavoro del sullodato De Fazio e non

escludono l'utilità del sistema de' suddetti moli arcuati e fra questi ingegneri ritroviamo con piacere il sig. Poirel. (1) È da osservarsi però che all' antico sistema della costruzione de' moli risuscitato dal ripetuto De Fazio, si fanno pur anco da ingegneri di vaglia delle obbiezioni; ma siccome l' opera principale e può dirsi l' unica nel progetto di cui trattiamo che possa avere influenza sulla indole del lido livornese, è un antemurale, così crediamo di poter omettere ogni disquisizione a ciò relativa. Noi lasceremo alle correnti il loro pieno e libero giuoco senza incorrere nelle obiezioni che si fanno ai moli interrotti: quindi noi riuniremo il buono degli antichi e quello de' moderni. Vediamo s' è vero. Ecco, per primo, la parte topografica del detto antemurale.

119. La testa ostro dell' antemurale (fig. 4.) dista dal centro della punta del molo Cosimo 600 metri per libeccio. Dalla punta del moletto che abbiamo proposto (105 e lettera A) all' estrema punta di tramontana del suddetto antemurale vi corrono 1250 metri per maestro: quindi per la curva stabilitagli avremo 1450 metri di antemurale, e le due teste interne si guardano per ostro tramontana dieci gradi a ponente, e tramontana ostro dieci gradi a levante. Passiamo alla parte idrodinamica.

120. Quantunque il detto antemurale o isola, formi poco seno colla sua faccia interna, nulladimeno per la giacitura di esso, i legni ivi ormeggiati, saranno coperti da tutti i venti che danno flutti al nostro

(1) Opera citata pag. 62.

lido. Esso inoltre corre pressochè ostro tramontana, cioè la linea generalmente tenuta dalle correnti, esso quindi tende a conservare la profondità dell' acqua esistente perchè seconda e non si oppone al giuoco delle medesime. In una parola allontana le cure e le spese sempre gravi e spesso inutili de' nettamenti, e concilia la necessaria calma per i bastimenti che vi si ormeggiano. La sua curva darà più solidità all' opera perchè opporrà molto meno presa alla potenza de' flutti, in confronto di un ostacolo rettilineo (97). A queste disposizioni adunque non si possono fare le obbiezioni da noi emesse su i moli del progetto Poirel, relativi all' interrimento ed alla solidità, quindi il nostro antemurale non incorre i gravi difetti di quelli, vince la difficoltà massima che la costituzione di questo lido oppone alla utile costruzione di un porto e raggiunge il primo scopo, che deve aversi nella soluzione del nostro problema, quello cioè *de faciliter la navigation dans touts les instants possibles.* (1)

121. Esso però lascia aperta una molto larga bocca ai venti ed ai marosi più potenti di questo lido, ossia a quelli compresi fra ostro 1/4 libeccio sino a libeccio. Questi comprometteranno la tranquillità di gran parte della superficie compresa fra l' attuale porto ed il progettato antemurale, e non renderanno molto comoda la entrata nel ripetuto porto. Inoltre, in forza della distanza in cui è posto l' antemurale dal molo Cosimo, esso ha bisogno di gran lun-

(1) De Cesart, opera citata tom. 2 pag. 8.

ghezza perchè la bocca del porto venga coperta da libeccio a maestro. A queste gravi obbiezioni che ci siamo fatte ecco cosa rispondiamo.

122. Noi abbiamo creduto proporre sì fuori l'antemurale e lasciare sì larga bocca per quattro gravi riflessi. Il primo si è quello del costante avanzamento annuo della spiaggia specialmente da destra. Queste grandi opere devono antivedere lungo avvenire; quindi imprudente sarebbe edificare o protrarre grandi moli, o antemurali, troppo presso una spiaggia che progredisce.

Il secondo riflesso ha per soggetto il bisogno di acquistare conveniente profondità di acqua. Abbiamo veduto, che il bastimento da prendersi per norma per un porto di esteso commercio è della misura di mille tonnellate metriche. Tale bastimento con pieno carico pesca 6,^{m} 40, quindi se l'antemurale fosse più vicino al porto, non vi sarebbe abbastanza profondità di acqua per permettere facile accesso a detto legno quando per il mosso mare beccheggia. La mancanza di conveniente profondità di acqua *è un male permanente e gravissimo* (99): sarà quindi molto utile che la nuov'opera si stabilisca ove l'acqua sia piuttosto abbondante che scarsa.

Il terzo tende a dar comodo passaggio alle correnti. È legge idrodinamica di essere molto circospetti nel costruire opere, che possono produrre bruschi cambiamenti nel sistema fluido: ed il lido di Livorno è quanto altri, e più di altri ancora geloso di conservare la sua indole. Esso ci ha date ripetute prove che fa pentire chi tenta di alterarla (72). E

poi, è di massima che nella formazione di un porto bisogna abbondare nelle precauzioni e mezzi di riuscita, *non essendo lecito nella materia sempre contingente dell' acque, e specialmente di mare, di potere a capello prevedere gli effetti, che ne sono per derivare.* (1)

L' obbiezione della lunghezza dell' antemurale, ossia la vastità dell'opera, forma il soggetto del quarto riflesso. Quando in Livorno si costruiva l'attual Domo, il Granduca si portò a vedere la fabbrica e disse in atto di rimprovero all' architetto, *che credevi di dover fare il Domo a Firenze?* a cui rispose, *Serenissimo, quando si fanno fabbriche per uso pubblico non sono mai troppo grandi.* (2) Il fatto ci prova la giustezza della sentenza dell' architetto per il Domo non solo, che già da gran tempo più non si presta ai bisogni del pubblico, ma anche per il porto. Questi esempi, ed altri che si potrebbero citare, ci devono servire di norma per non ricadere nell' errore. Quando anche per opere di questa fatta si dovesse lasciare ai posteri un debito vistoso, sarà da essi di buona volontà pagato perchè fruiranno dell' oggetto che lo produsse. Arroge che potrebbe essere stabilito un moderato e temporaneo diritto sulle cose che fruiranno del nuovo porto. È massima generale che le spese de' pubblici lavori devono pagarsi da coloro che ne fruiscono, giusta la regola di diritto la quale insegna: *essere conforme all' equità naturale che que-*

(1) Zendrini e Manfredi, opera e raccolta citata tom. 8. pag. 409.
(2) Targioni, opera citata Tom. 2. pag. 369.

gli, il quale ha i vantaggi di qualche cosa ne porti anche i svantaggi. (1) « Il principio economico, dice il ch. Cordier, di far pagare i lavori da quelli che ne profittano, è stato stabilito e consagrato dagli editti di Enrico IV e de' suoi successori durante il secolo XVII. Esso è ora ammesso come un adagio e una legge generale in tutti gli Stati ben diretti. Il merito, o piuttosto la gloria legislativa della invenzione di questo sistema, appartiene ad Enrico IV ed a Sully. (2)

La equità di questo principio è infatti ora riconosciuta da tutti. Ma per incidenza noteremo che, senza riandar l'antichità, diciotto anni innanzi che regnasse Enrico IV il nostro filosofo Andrea Bacci proclamava questo principio in una sua opera che tratta del *Tevere*, stampata in Venezia per Aldo nel 1576 alla pag. 271 lib. III, ed altri scrittori italiani continuarono a promoverlo, come si vede in Bonini, *il Tevere incatenato*, edizione di Roma 1663 pag. 399, nelle *Memorie di San Nonnoso abate di Soratte*, pubblicate da Antonio degli Effetti in Roma 1675, pag. 236, e nel *Tevere navigato e navigabile* di Leone Pascoli pag. 70 della edizione romana del 1740, nell'anno cioè in cui Smith, nato nel 1723, entrava nel collegio di Oxford.

123. Dunque la questione si restringe soltanto a vedere se si spende bene, e non solo per i presenti ma anche per i futuri, o per meglio dire per tutti quelli che dovranno pagare.

(1) Leg. 10. *Digesto* delle regole di diritto.

(2) *Mémoires sur les travaux publics.* Paris 1844 pag. 79 e 80.

124. Oltre di che tutto in città è fatto e progredisce per un avvenire grandioso: ampie piazze; comode vie, belli palazzi; grandi case e fabbricati: maestoso nuovo Domo; vaste passeggiate; solide e ricche opere idrauliche per i canali interni, tutto in fine ha l'impronta d'idee gigantesche, e il solo porto dovrà continuare ad essere in disarmonia? Il porto da cui dipende il bene della stessa città non solo, ma della Toscana tutta dovrà essere parto d'idea meschina? Noi nol vogliamo supporre.

125. Ma i riflessi sopra esposti onde difendere dalle accuse la proposta giacitura ed ampiezza dell'antemurale non provvedono alla giusta obbiezione della larga bocca molto aperta dalla parte de' venti infesti.

La natura non favorevole per la costruzione di un porto presso Livorno, in questo però ci favorisce. Ad ostro dieci gradi a libeccio distante 1500 metri dalla punta del molo Cosimo esiste una secca con vocabolo *Vigliaja*. Essa è in parte visibile ed in parte sottomarina: questa parte si dirige a maestro. Ora, a 100 metri dallo scoglio fuori di acqua si faccia una scogliera per ponente 20° tramontana protraendola per metri 250 ed avremo in complesso un' utilissimo spezza flutti di 400 metri circa: (fig. 4.). Esso sarà un *quidsimile* di quanto è stato praticato negli Stati uniti di America nella baia del Delaware. (1)

Nè si creda che quest' isolata e discosta scogliera aumenti pericolo alla navigazione, giacchè ne

(1) Sganzin e Reibell, opera citata tom. 2 pag. 322.

diminuisce invece d' assai l' attuale. Ed invero la parte subacqua della secca obbliga oggi i prudenti naviganti tenersi molto più discosti dalla parte visibile ed a formarsi così un pericolo più esteso di quello che in realtà vi sia; mentre quando sarà tutta visibile diverrà molto meno temibile: e ciò quando anche si protraesse alquanto più fuori de' proposti 250 metri.

126. È noto che le onde entrando in una rada per un passo stretto si affievoliscono propagandosi in tutta la superficie; (1) e siccome lateralmente, noi abbiamo un vasto spazio ove possono estendersi e quindi calmarsi, così innocue saranno ai bastimenti ormeggiati all' antemurale. Riunendo dunque la parte che difende l' esistente molo Ferdinando, l' attigua *piana*, e quella del proposto spezza flutti troveremo a sufficienza difesa la larga bocca, e quindi eliminata d' assai l' obbiezione che abbiamo posta innanzi.

Tuttavia può esser che nelle tempeste le barchette non potranno dal molo Cosimo andare all'antemurale, ma questa interruzione del traffico delle piccole barche per qualche giorno nell' anno è uno svantaggio comune a tutti i moli isolati, e la sperienza mostra non essere ciò un grave inconveniente. (2) Cotesti moli possono però interrompere più spesso e per più lungo tempo il trasporto delle merci dall' antemurale alla città e viceversa; questo inconveniente farà sempre più sentire la necessità di avere

(1) Emy, opera citata §. 253 e 264.
(2) Rivera, opera citata pag. 485 §. 141.

fra la città e l'antemurale un porto tranquillo, profondo e di facile accesso.

In ultimo se colla esperienza non risultasse sufficientemente tranquilla la stazione all'antemurale, e comoda l'entrata nel porto, sarà facile cosa prolungare ancora di altri metri il ripetuto spezza flutti. Sembraci quindi vinta questa grave obbiezione, con un espediente molto conveniente ed economico.

127. Resta vedere quale de' due progetti sia da preferirsi, cioè quello del molo sanitario da noi riformato, o questo dell'antemurale; una stringente conclusione è necessaria. Ma sì fatto paralello e la conseguente conclusione, sarà posta sott'occhio nel seguente articolo. Quì ora dobbiamo parlare della

TERZA PARTE DEL NOSTRO PROGETTO.

128. Provveduto colla prima parte alla tranquilla e conveniente profondità di acqua nell'attuale porto per il più gran numero de' legni che oggi lo frequentano, e provveduto colla seconda al necessario facile accesso in detto porto, e all'adequato ricovero ai più grossi bastimenti, sentiamo inoltre il bisogno di provvedere ad una più ampia, ma, ciò che più interessa, più tranquilla e più economica stanza per il naturale e sempre crescente sviluppo commerciale, che l'effettuazione delle due prime parti darà certamente alla città di Livorno.

129. A questa nostra ricerca nulla meglio provvede che l'esecuzione del progetto de' bacini (dall'88 fino al 93) ed esso adottiamo. Questo progetto

quanto più si studia tanto più si trova artistico, e quanto più sarà esteso, tanto più sarà utile e conveniente al commercio ed al governo.

Di tutti li stabilimenti economici che il genio commerciale ha saputo arricchire i porti, nessuno è più vasto, più ingegnoso e più energico nei suoi effetti quanto il docche. Esso è agli attuali porti ciò che la macchina è alla mano d'opera ordinaria. Precisione, sicurezza, celerità e buonmercato, tali sono i risultati di questo sistema di stazione e di amministrazione delle mercanzie: esso ha per base la centralizzazione intelligente, e per scopo la semplicizazione de' metodi meccanici della circolazione fra la riva ed il mare: esso in una parola è l'ordine e la semplicità applicati in grande.

Se l'attuale porto di Livorno avesse o potesse avere un approdo qual si richiede, effettuato che fosse il profondamento nel suo interno la seconda parte del nostro progetto sarebbe l'esecuzione dei lavori fra i canali onde al più presto possibile dare alla città questo gran comodo ed al commercio questo gran beneficio; ma abbiamo veduto ch'è necessario rendere prima sicura, facile e conveniente l'entrata nel porto.

130. Chiuderemo quest'articolo, già troppo lungo, con dire, essere nostro parere che il progetto da noi proposto racchiuda in se tutto ciò, ch'è buono negli altri, ne scarta il cattivo, o ne compie la parte imperfetta. Di fatto, ammesso prima il profondamento dell'attuale porto, su di che non può esservi disquisizione, il proposto antemurale è il braccio voluto

dal progetto sanitario (78 e fig. 1.) ma staccato dal fanale per non opporsi in modo veruno al passaggio delle torbe e per avere due bocche e comode. Esso guadagna inoltre più di quello vasta superficie di mare profondo.

È l'indispensabile avanporto per i legni di maggior portata di cui manca il progetto de' bacini (88) e completa se stesso con quello (129).

È la protrazione del molo Cosimo voluta dal progetto che una tal protrazione propone (94); ma staccata dal molo onde conquistare la necessaria profondità di acqua, che non si ha, nè si può avere in continuazione di quel molo.

È in fine l'antemurale del cav. Poirel, (95 fig. 3.) ma senza i suoi lunghi bracci, ricettacolo di soverchianti materie. Anzi il nostro nell'essere curvilineo è anche più solido, e per trovarsi più a tramontana è pure più a ridosso dalle secche della Meloria, quindi per l'uno e l'altro motivo presenta, in confronto di quello, rilevante economìa nella grande spesa di manutensione.

ARTICOLO IX.

Paralello idrodinamico, nautico, commerciale ed economico fra due de'descritti progetti. Osservazioni generali.

131. Utilità, tempo, e danaro dovranno essere i trè principali moventi nella scelta di un progetto sull' altro; e per le infelici condizioni dell'attuale porto di Livorno, *il tempo* è quello di maggior potenza. Ivi in vero è urgentissimo porre riparo al sempre decrescente commercio.

Questa necessità non ci farà mai abbastanza raccomandare l' esecuzione della prima parte del nostro progetto (105) l' oggetto principale della quale è il profondamento dell' attuale porto. Noi crediamo non illuderci su questo lavoro: sappiamo che per l' ingrata natura del fondo, non è nè facile nè di piccola spesa; ma siamo persuasi, e sarà a suo luogo dimostrato, che in trè anni al più può essere tutto ultimato. Non così può dirsi della esecuzione del progetto Poirel, di quello dell' antemurale, e dell' altro sanitario riformato. Non c' illudiamo: queste opere hanno bisogno di più lustri per produrre utile risultato! Anche questo sarà dimostrato. Intanto perchè

ognuno si possa formare una idea del tempo e della spesa che richiede uno qualunque de' sunnominati progetti, citeremo un esempio dedotto dalla ripetuta opera del sullodato cav. Poirel, la quale è preziosa per queste cose.

132. Ivi è registrato, parlando del vecchio molo di Algeri che *en employant des blocs de béton au lieu de blocs naturels, on a pu, dans l'espace de cinq années et avec une dépence audessous de deux millions, reconstruire cet ouvrage à neuf sur une longueur de près de* 200 *mètres et lui donner une solidité à toute épreuve.* (1) Dunque il sig. Poirel per ricostruire, ossia riprendere e fortificare a nuovo *due cento metri* del vecchio molo del porto di Algeri vi ha impiegato *cinque anni* e vi ha speso *due milioni di franchi.* E si noti che l'autore ci fa rimarcare questo fatto come prodotto di lavoro sollecito ed economico.

133. Noi per facilitare l'applicazione di questo esempio alle opere progettate per il nuovo porto di Livorno, non faremo entrare nel calcolo il gran vantaggio che il cav. Poirel ha potuto ritrarre dalla esistenza del molo in Algeri; quivi si è fondato *en avant de l'ancien môle*, ed i massi sono stati preparati *sur berge*; invece chè in Livorno si tratta di dover fondare e costruire in prolungamento ed anche

(1) Opera citata pag. 10. In seguito lo stesso Poirel ci dice, che per questo lavoro ha impiegato *sept campagnes* CONSÉCUTIVES, *de* 1833 *à* 1840: e conclude; *On a* PU *ainsi, dans l'espace de* SEPT ANNÉES *et avec une dépense de deux millions* SEULEMENT *cc.* (pag. 98). Noi volendo essere favorevoli il più ch'è possibile al risultato del lavoro in Algeri, abbiamo preferito prendere per tipo il tempo e la spesa minore che il Poirel ci dà.

isolato, cioè senza quell' utile punto di appoggio, e senza quel conveniente spazio nel luogo stesso dei lavori. Di più il Poirel, nell' opera di cui si tratta, non è incorso in *tutta* quella serie d' inconvenienti propri delle nuove e grandi opere di mare così formulata da uno de' più distinti ingegneri de' porti. « I lavori idraulici si eseguiscono sotto le acque quasi alla cieca sopra un terreno necessariamente ineguale nella sua configurazione e nella sua natura; il loro avanzamento è ritardato dagli sforzi distruttori ed incalcolabili dell' elemento al quale sono esposti. E allorquando, dopo aver vinto queste numerose difficoltà, si crede essere giunti al termine, s' incontrano nuove cause di distruzione. » (1) Noi inoltre, per sempre più semplicizzare il calcolo ed essere maggiormente al sicuro di qualunque taccia di inesattezza favorevole al nostro scopo, trascureremo pure la maggior profondità di acqua che s' incontra nella esecuzione della più gran parte de' lavori che risultano dai progetti di Livorno, a fronte di quella che il Poirel ha incontrata nel molo da lui riparato. (2) In fine trascureremo puranche la base maggiore di che le nostre opere hanno bisogno, in confronto di quella di Algeri. Tutto ciò condonato, stabiliremo dunque che là, come quà, si tratti di opera interamente nuova ed eseguì-

(1) De Cessart, opera citata tom. I. pag. 3.

(2) Dalla pianta del porto di Algeri, unita all' opera di Poirel, si rileva che questi, per il molo di cui si tratta, ha lavorato in profondità di acqua non maggiore di quindici piedi e sopra suolo di scogli, mentre in Livorno si deve lavorare in profondità anche oltre il doppio di quella, e sopra fondo generalmente tenero.

bile cogli stessi mezzi e ad eguale profondità di acqua e di superficie, tanto sotto marina quanto sopra.

134. Il progetto Poirel sviluppa per il nuovo porto e parte del vecchio come negl' altri progetti, cioè dall' A in fuori (fig. 3.) (1) compreso l' antemurale, 2400 metri, dunque avrà bisogno di 60 anni ossia 12 lustri e di 24 milioni di franchi per effettuarsi: quello dell'antemurale, con lo spezza-flutti in tutto 1700 metri di lunghezza impiegherà otto lustri e mezzo, e 17 milioni: il terzo in fine cioè quello sanitario riformato misura in tutto 1200 metri, quindi sarà compito dopo sei lustri e con la spesa di 12 milioni. (2)

135. Quest' esempio di confronto può essere appoggiato da tanti altri di eguali risultati, nondimeno noteremo che ve ne sono di quelli che in proporzione hanno occupato tempo più lungo, come degli altri che si sono eseguiti in un rapporto di tempo più breve. Nel citato nuovo porto di Marsiglia verbi grazia, il tempo, e crediamo anche la spesa, è stato minore in proporzione di quello impiegato in Algeri, ma noi non dovevamo scegliere uno degli esempi estremi. E poi, l'esempio del porto di Algeri preso per tipo, lo abbiamo come un fatto compiuto e registrato per modello dall' autore stesso ch' è il cav. Poirel, ingegnere del nuovo porto di Livorno. Con quest' esempio

(1) Diciamo parte del vecchio perchè gli altri progetti ancora ne coprono la bocca sino a maestro.

(2) De' 1200 metri, settecento non dovendo essere praticabili si avrà grande economìa di tempo e di spesa in confronto degli altri progetti.

abbiamo dunque l'identica persona, gli stessi materiali e modi di costruzione che in Algeri furono adoperati e per Livorno vengono proposti. Ciò posto ci troviamo indotti alla conclusione che Livorno, seguendo il Poirel, non potrà avere compiuto il nuovo porto ch'ei progetta in meno di mezzo secolo.

È vero che, non attenendosi al Poirel, si può aver nuovo porto conveniente ed utile in molto minor tempo e con molta minore spesa; ma si riduca il tempo a venti ed anche a quindici anni, un tal periodo nello stato di regresso che va soffrendo il commercio marittimo di Livorno ridurrà quella città . . . . . basta così.

136. Il signor Poirel per ridurre a metà il tempo e la spesa della vasta opera sua, divide in due parti l'esecuzione del suo porto, nella vista, dicesi, di farlo in due epoche. Egli propone di eseguire prima per intero il braccio destro e metà dell'antemurale. Vediamone i risultati.

S'immagini eseguito tutto il braccio destro e l'antemurale sino alla lettera B. (Figura 3.) Noi avremo una gran diga perpendicolare alla costa e metà dell'antemurale paralello a questa in guisa, che tanto l'una quanto l'altro lasciano scoperta la bocca dell'attuale porto ai venti da ostro a ponente-libeccio, precisamente a tutti i più nocivi. Or bene, col soffiar di questi noi vedremo i marosi che ne conseguono, percuotere liberamente la parte interna di detta diga e quella esterna del molo Cosimo: e da ciò un contrasto di flutti diretti e riflessi da formare tal bullicame presso la bocca e tal cozzo di frangenti nella

bocca stessa da rendere impossibile ad ogni specie di bastimenti l'entrata nel porto. Nel porto poi si avrà potente risacca riflessa per ogni senso, dimodochè verun bastimento potrà essere saldo sopra i suoi ormeggi. E tutto ciò è il solo effetto de' venti: esaminiamo ora quello delle materie.

Cotesta diga ed il tratto di antemurale è, a parer nostro, quanto di meglio si possa immaginare per rattenere tutte le materie che abbiamo dimostrato radere lungo il capo di Livorno. Queste, e per la potenza de' flutti, e per l'azione della corrente, dovranno essere interamente raccolte e stivate nel bacino dell' esistente porto. Quindi a noi sembra di non potere essere smentiti asserendo, che in due anni esso sarà interamente colmato. E dopo il porto, con poco più tempo, tutta la diga e l'antemurale daranno luogo a nuova passeggiata.

Dai quali effetti ne consegue, che come abbiamo creduto aver dimostrato cattivi i risultati dell'intero porto Poirel, così crediamo poter assicurar pessimi quelli della proposta metà di esso.

137. Resta dunque ampiamente dimostrato, che la prima parte del nostro progetto (105 e 131) è quella che riunisce le condizioni di tempo, di utilità e di spesa proporzionate a sodisfare gl' incalzanti bisogni, in cui trovasi la città di Livorno.

138. Dopo questa indispensabile premessa, passiamo al paralello fra il progetto sanitario riformato e quello del solo antemurale (figura 2 e 4). Sotto il rapporto idrodinamico abbiamo veduto ch' entrambi non hanno a temere i tristi effetti degli interrimenti,

così pure sotto quello nautico entrambi sono buoni, perchè raggiungono conveniente profondità di acqua, e presentano comode bocche per entrare e per uscire.

In vero, quello dell' antemurale è più marinaresco, l' approdare in esso da qualunque lato è comodissimo: ci sembra anche più artistico, ossia più bello agli occhi, di certo più semplice assai. Ma vogliamo avvertire, che nell' apprezzar queste qualità onde lo crediamo superiore all' altro, può avervi influenza essere marinaro chi lo concepì, ed anche quella natural disposizione che si sente per sostenere un primo, e tutto proprio concetto.

Però, se poniamo spassionatamente i due progetti a confronto di utilità, di tempo e di spesa, troveremo, che quello sanitario riformato è sensibilmente migliore dell' antemurale. A parità nelle altre condizioni crediamo, che l' utilità maggiore o minore di un porto dipenda dalla misura delle banchine, ossia dallo spazio utile somministrato al commercio.

In fatti la stessa superficie di acqua, secondo la sua distribuzione e destinazione, può essere più o meno utile. Un porto militare per esempio può senza inconveniente, essere soltanto un ridosso per fare stazione; ma in un porto di commercio all' incontro non si stà fermi, si lavora; ed il lavoro è scaricare e caricare colla maggiore possibile celerità. Dunque un porto di commercio più offre comodo per queste operazioni, più è utile: quindi il grado di utilità di tal porto si dovrà basare sull' estensione delle banchine. Or bene, il progetto sanitario riformato svi-

luppa 1565 metri utili di banchine: (1) quello dell'antemurale ne dà 1150, quindi il primo è più commerciale del secondo. E lo è anche per economìa rilevante di tempo e di spesa (134). A tutto ciò si aggiunga, che il nuovo progetto sanitario ha il gran beneficio di essere attaccato all'attuale porto, cioè per terra si può andare da un porto all'altro; e che per mare mai sarebbe interrotta la loro comunicazione perchè anche senza il taglio del molo Cosimo, e quando non si voglia fare il giro della punta di questo molo, si ha la comunicazione per il canale del lazzaretto (86).

139. Cosicchè tutto visto e tutto calcolato, noi terminiamo per preferire il progetto sanitario riformato a quello dell'antemurale.

OSSERVAZIONI GENERALI

140. A compimento de' suesposti studi abbiamo sentita la necessità di conoscere l'azione massima del flutto contro un metro quadrato. È ben noto che essa non è costante, anzi è variabilissima, perchè deriva dai venti, dalla loro durata nella stessa direzione, dalla impetuosità e lontananza delle procelle, ed infine da un gran numero di circostanze locali, le quali alcune volte contribuiscono ad accrescere o moderare il furore de' marosi. Una

(1) È ben naturale che nella misura vi è compreso il molo Cosimo, il quale con questo progetto viene ad essere utilizzato anche dalla parte che oggi è esposta ai flutti; ma ne abbiamo sottratti 150 metri nella punta.

siffatta ricerca per il lido livornese ci ha impegnati in un campo difficile oltremodo per l'intera mancanza di dati diretti. Nulladimeno coll'esperienze fatte dai distinti ingegneri Virla, T. Stevenson di Edimburgo ed altri; con quelle desunte dall'antemurale di Cette, e più ancora dal nuovo molo di Algeri, si può giungere a conoscere quale minima cubicità deve avere il masso per resistere immobile all'urto de' marosi del lido suddetto: risultato possibile, perchè la suddetta azione è proporzionale alla superficie percossa, e la resistenza de' massi cresce come il cubo di essi. L'antemurale di Civitavecchia avrebbe potuto essere, per la sua posizione, più delle citate opere utile alla nostra ricerca, ma pel difetto proprio dei nostri ingegneri, i quali poco o nulla stampano dei lavori, anche grandiosi, ch'eseguiscono, ci priva di preziosi ajuti. Fortunatamente però, altrove non è così.

141. Da un ingegnere francese sappiamo, almeno in parte, quello che per intero ci avrebbero dovuto dire i nostri. Il signor Auniet ingegnere in capo dei ponti e strade di Francia parlando dell'antemurale di Civitavecchia, dice « *Un ingénieur italien, M. Calamatta, entreprit en* 1776 *la réparation de l'extrémité nord-ovest de cet ouvrage. Pour en garantir le pied et détruire le premier choc de la lame, il coula d'abord des blocs en maçonnerie de béton . . . . ces blocs avaient* 3 *mètres de côté sur* 2 *mètres de hauteur:* (1) ossia 18 metri cubi di volume, cioè poco più

(1) *Note sur les ports de l'État romain.* Annales des ports et chaussées, tom. VII. 1834, Sem. 1. pag. 151.

grossi di quelli, che si sono riconosciuti necessari per Algeri, come fra poco vedremo. E giacchè siamo su tale argomento ci sia permessa in quest' ultimo articolo una digressione, come nel terzo (23), affine di porre alcune altre cose al suo posto.

I massi di smalto del Calamatta erano composti ad un dipresso delle materie che han servito per quelli di Algeri: essi furono formati *sur l' antimuraille du côté de la mer*, e come in Algeri si sono fabbricati *sur berge:* essi *après quelques jours étaient parvenus à un degré suffisant de dureté*, precisamente come si è verificato in quelli di Algeri: essi, dopo ciò, sopra *des plans inclinés on les lançait à la mer*, ed in Algeri *par un plan incliné on les lançait à la mer:* essi in fine vennero usati per lo stesso ufficio, cui sono stati destinati quelli di Algeri. (1) Dopo una tale descrizione ed una si fatta pratica ci sembra che il Calamatta, e non il Poirel, si dovrà ritenere *per il* ***primo*** *fra i moderni, che abbia usato in mare i massi di smalto invece degli scogli vivi nei moli a pietre perdute.* E diciamo *fra i moderni* perchè il passo di Vitruvio sopra questo sistema di fondazione ci sembra abbastanza chiaro per assicurarci dell' uso che ne hanno fatto i nostri antichi. (2) Nè

(1) Per tutto ciò che si riferisce a Civitavecchia è dedotto dall'opera di Auniet stampata in Francia nel 1834, e per quello ch'è relativo ad Algeri è preso dall'opera di Poirel.

(2) Per provare viepiù quanto chiaro sia il passo di Vitruvio nella descrizione ed uso del sistema di fondazione in mare di cui parliamo, rimarcheremo che il traduttore e commentatore Berardo Galiani dice in nota „ Dalla presente descrizione *chiaramente* si comprende, che non

siamo soli a veder chiaro in quel passo: ognuno che voglia non può intendere altrimenti, e fra questi il più volte citato Emy senza ambagi ci dice. *Vitruve* ***nous apprend*** *qu'à défaut de blocs naturels d'un volume suffisant, on les* ***formait de rochers factices;*** *on fabriquait sur des plate-formes en sable suffisamment élevées au bord du travail déjà hors d'eau* ***de grands massifs en maçonnerie*** *qu'on laissait sécher environ deux mois; en faisant écouler le sable de la plate-forme d'un seul côté, ces blocs se précipitaient dans la mer.* (1) Cosicchè non solo non fu *primo* il Poirel a far uso in mare di questi massi artefatti, ma neppure il Calamatta; ed in vero il metodo di difendere *une localité exposée à la violence des vagues* con lo *jet à l'eau* ***de blocs de béton construits à terre,*** era uno de' *divers procédés en* ***usage*** *au temps de* ***Vitruve.*** (2) Dunque dopo quanto ha stampato Emy ed altri su questo ***uso*** degli antichi, e dopo quanto ha stampato Auniet nel 1834 sull'***uso*** fattone dal Calamatta, non ci sembra giusto che il Poirel se ne faccia credere il *primo*, e non ci sembra esatto dire nel 1841 che l'enunciato uso *n'a été reproduit dans* ***aucun*** *autre ouvrage* (scritto), *et que l'on n'en connait* ***au-***

ebbero in uso di prolungar bracci e ripari col mezzo di gran sassi vivi gettati in mare l'uno sopra l'altro, come regolarmente oggi facciamo. „ (Edizione di Siena del 1790, lib. V, pag. 128.) Cosicchè si giunge persino ad ammettere che fino ai giorni di Vitruvio, il sistema di fondazione a pietre perdute era in uso con massi artificiali soltanto.

(1) Opera citata § 261; pubblicata nel 1831.

(2) Poirel opera citata pag. 21.

cune application pratique; in una parola che questo *système de fondation n'avait pas encore été appliqué* ***jusqu'ici.*** (1)

Per altre opere è antichissimo l' uso in Toscana ed in Piemonte de'massi artefatti (2) e li troviamo adoperati dagli antichi idraulici Leon-Battista Alberti, Barattieri, Michelini, Viviani, ec. In fine essi erano e sono di comune uso in Italia anche per la difesa delle sponde de' fiumi e garanzia delle pile de' ponti. Nell' Arno abbiamo rilevante esempio di questo sistema di difesa. Il distinto ingegnere Felice Francolini con de' massi artificiali fabbricati al posto, alcuni dei quali hanno la cubicità di 100 metri, giunse ad assicurare, a metri 7 sotto acqua la fondazione dei muramenti ripetutamente fatti per consolidare la Pescaja di S. Michele a Rovezzano sul punto dove fu strappata dall' impeto delle correnti nel 1812. Il resultato ottenuto malgrado la battuta dell' Arno che ivi cade dell' altezza di metri 3, 50 prova l' efficacia del rimedio applicato dal sullodato ingegnere, e sarà utile esempio per chi coltiva la scienza idraulica quante volte siano resi di pubblico diritto i lavori da esso eseguiti. Quindi lo invitiamo a non ritardare la pubblicazione della storia di questa inte-

(1) Poirel, opera citata pag. 22. e V. E tanto meno esatto per chi conosceva ed aveva citato nel 1838 l'opera di Auniet e quella di Emy, e nel 1841 cita ed analizza il passo di Vitruvio.

(2) G. Goury, *Souvenirs polytechniques.* Paris 1827, tom. I, pag. 93. Borgnis, *Traité élémentaire de construction.* Paris 1823, pag. 65.

ressante opera da lui compilata con molta dottrina fino dell' anno 1844. (1)

142. Un altra notizia non meno interessante abbiamo raccolta nella citata opera del sig. Auniet: con essa andiamo a porre una quarta cosa (23, 122, 141) al suo posto. Ei dice *quand ce travail de protection était ainsi terminé* (ossia dopo aver lanciato in mare i massi di smalto) *il* (il Calamatta) *construisait* ***des caissons sans fond*** *qu'il adossait au revers de la partie du môle à réparer, et qu'il y fixait par de fortes et longues clefs en bois . . . . On les remplissait ensuite de béton ec.* (2)Ora queste casse, sono quelle stesse usate in Algeri, ma colà nel fondo delle medesime si è inchiodata una tela colla quale il creduto inventore venne a chiamarle *caisses-sacs* ed il sullodato Auniet non ci dà notizia se il Calamatta vi usasse la tela. Noi sapevamo che in Italia prima che in Affrica si erano usate le casse col fondo di tela a borsa, ma la curiosità ci ha spinto a ricercare se lo stesso Calamatta l' avesse così usate. Cosicchè ci siamo diretti alla fonte, cioè agli archivi ed alle persone speciali di Civitavecchia ed ecco cosa abbiamo raccolto, e possiamo legalmente provare.

(1) In questa aspettativa noi ringraziamo intanto il sig. Francolini per averci con molta gentilezza e particolare fiducia permesso far tesoro della sua scelta libreria idraulica. Così eguali ringraziamenti facciamo al sig. Luigi Mancini architetto-costruttore navale per averci dato in Livorno lo stesso permesso nella sua ricca libreria della vasta arte della marineria.

(2) Opera citata pag. 151

143. « Michel'Angelo Calamatta, semplice bozzellaio dell'arsenale, favorito dalla S. M. di Pio VI eseguì i lavori all'antemurale di cui parla Auniet, ed altri in quel porto sino al 1787. Da Civitavecchia passò nel 1788 a dirigere i lavori nel porto Innocenziano in Anzio de' quali fa parola il De Fazio. (1) Vivono ancora in Civitavecchia il capo mastro costruttore camerale Michelangelo di Giovanni, ed i Capitani della marineria Giacomo Gazzi e Matteo Padovani, testimoni oculari de' suddetti lavori diretti dal Calamatta, nei quali più di ogni altro vi lavorarono i defunti mastri di ascia Giuseppe Cammiglieri, Pasquale Baldacchini e Vincenzo di Giovanni. Egli, il Calamatta, faceva i citati cassoni di cerro, senza fondo, di 5 o 6 metri di lunghezza, e di altezza in proporzione della profondità dell'acqua, ed alcuni molto profondi: tre lati erano a piombo, il quarto, cioè quello che doveva ricevere la percossa de' flutti, era a scarpa: cinti da tre grossi telari di circa pollici 7 in quadro, e ben calafatati. Essi erano costruiti fuori dell'arsenale nel piccolo piazzale a levante ove sono quei magazzinetti già destinati per la bozzelleria: *vi metteva nell'interno e per disotto una* ***tela, olona, molto lenta acciò facesse delle borse per adattarsi nei diversi vani de' scogli ove poi doveva fondare.*** »

Dunque, del *problème qui a été résolu comme on vient de l'exposer, la caisse ci-dessus décrite n'étant autre chose qu'un grand sac en toile dont les*

(1) Opera citata pag. 100.

parois sont fortifiées par une charpente (1) se ne deve il merito al Calamatta. Dappoichè se *la toile qui forme le fond de la caisse est la partie essentielle et capitale de ce mode de construction, celle sans laquelle il serait complétement défectueux* (2) è il Calamatta che l'usò in Civitavecchia molto prima che si usasse in Algeri.

Noi non sappiamo se altri prima di lui usasse tal'espediente: dopo lui e prima che in Algeri, è a nostra notizia che il Castagnola ed il Brighenti l'usarono nello stesso antemurale verso la punta di levante presso la lanterna, negli anni 1815 a 1817, e poscia il secondo l'usò egualmente nel 1822 per la protrazione del molo destro di Senigallia: il Manetti nel molino del callone di Castelfranco di sotto nel 1826, ed il Della Gatta per un tratto di 150 metri nel porto di Ancona nel 1827. (3) Questi ingegneri invece di casse hanno usato paratie che meno la diversità del nome, la materia e l'ufficio sono eguali.

Tornando a Civitavecchia ed al Calamatta i detti *cassoni a borsa* si costruivano nella bozzelleria, e posti in acqua venivano rimorchiati all'antemurale nel punto di loro destinazione: in Algeri *ces caisses-sacs sont préparées sur le chantier et lancées dans le*

(1) Poirel, opera citata pag. 6.

(2) Poirel, idem pag. 6.

(3) Nel piano di esecuzione di questa ultima opera leggiamo. « Nell'interno poi (delle paratie) si farà il rivestimento con tela da stagno a cui, come situazione poco esposta, potrà impiegarsi la tela ricavata dalle antiche fondazioni, quando ne esista in magazzino. » Lo che prova che non era nuovo un tal sistema in quel porto.

port, d'où elles sont remorquées par des pontons et emenées en flottant sur la place qu'elles doivent occuper. (1) In Civitavecchia dopo un certo tempo, cioè quando il materiale aveva fatta la necessaria presa, si toglievano le pareti de' cassoni per servirsene per altri consimili, e si riempivano di bitume i vani fra un cassone e l'altro. Con questo metodo si fece tutto il tratto su cui oggi si passeggia dalla punta di ponente a mezzo antemurale (ossia circa 140 metri) che trovavasi portato via dalle burrasche. In Algeri *les quatre panneaux de la caisse sont assemblés par des équerres en fer à charnières, de manière à pouvoir se démonter facilement. On les enlève au bout de dix à douze jours; et pour les faire servir de nouveau, il suffit, soit en les découpant, soit en les allongeant, de les profiler à peu près suivant la forme du sol.* (2)

144. Dunque in tutto e per tutto eguale, sia per i massi di smalto, sia per le casse con tela nel fondo, sia per l'uso cui questi manufatti servono, e sia per il modo di servirsene, si era già praticato dal Calamatta quello che un mezzo secolo dopo si è praticato dal Poirel.

Ma in Civitavecchia si è fatto in qualche parte anche meglio che in Algeri. Nella prima, le tortuose e profonde buche, che spesso risultano fra i massi, senza fidarsi che la tela nel fondo della cassa, per quanto lenta fosse, le riempisse tutte ed

(1) Poirel pag. 6.
(2) Poirel, pag. 5.

a sufficenza, si è praticato di empire prima dette buche quasi per intero con sacchetti pieni di smalto, e quindi la cassa colla tela sotto compiva il pareggiamento dell' opera. Con questa precauzione oggi ancora si passeggia sopra il lavoro del Calamatta. Per i lavori di Algeri non troviamo registrata siffatta precauzione, anzi abbiamo motivo di credere che in essi non si è avuta, giacchè una parte di quel nuovo molo venne conquassato dall' urto diretto delle onde all' esterno, ***et par le siphonnement à l'intérieur:*** (1) conquasso che crediamo evitabile coll' intero sistema del Calamatta. Torneremo fra poco su questo fatto: rientriamo ora nel nostro assunto.

145. Dalle surriferite notizie trasmesseci dall' egregio ingegnere Auniet risulta, che i massi di smalto di 18 metri cubi fabbricati dal Calamatta non furono stabili, e, secondo opina l' autore francese, non lo furono per difetto di peso specifico, mentre vi fece parte nella composizione *un tuf calcaire léger appelé dans le pays* scaglia-morta; quindi, ei prosegue, *les blocs protecteurs formés avec une pierre trop légère furent déplacés par l'action de la mer, et en grande partie repoussés dans la passe de sud-est.* (2) Questo è un utile esempio, e ne rendiamo grazie al sullodato e distinto ingegnere Auniet che ce lo ha trasmesso. Ne abbiamo poi de buoni anche nei lavori di Algeri di sopra citati.

(1) Minard, opera citata pag. 97.
(2) Auniet, opera citata pag. 151

146. Ed invero due libri che abbiamo sottocchio non lasciano nulla a desiderare. Difatti da quello dell'ingegnere Poirel posto a confronto con quello dell'ispettore Minard si desumano dati preziosi. Nel primo si legge, che *l'expérience des ouvrages exécutés au port d'Alger a démontré, ainsi qu'on l'a vu, que des blocs de béton de* 10 (dieci) *mètres cubes, échoués irrégulièrement les uns les autres, s'arrangent entre eux de manière à former une masse dans la quelle les vagues ne peuvent opérer aucun déplasement, en raison de la résistance que chaque bloc isolément oppose à leur action.* (1) Questo si stampava nel 1841. Nel secondo, dovuto al commendat. Minard rileviamo che nello stesso porto di Algeri *après une forte tempête de janvier*, gennaro dell'anno stesso 1841, in una parte del nuovo molo si è riconosciuto *un tassement assez considérable. . . .* dovuto *uniquement à un léger déplacement des blocs produit pour le choc direct des vagues à l'extérieur, et par le siphonnement à l'intérieur. La tempête de novembre* 1843 *a donné lieu à des abaissements encore plus prononcés . . . . Les* 25 *derniers mètres du couronnement ont presque disparu pendant le coup de mer. Après le calme, quelques fragments seulement se montraient ancore au-dessus de l'eau,* mentre ai primi di novembre *le sommet était à* 3 *mètres au-dessus du niveau de la mer.* Quindi egli ne desume fra le altre cose *que les blocs de dix mètres cubes peuvent être remués et déplacés par les plus violents coups de mer de la côte d'Algé-*

(1) Poirel, opera citata pag. 25

rie. . . . e che *aujourd'hui, on porte le volume des blocs à quinze mètres cubes.* (1) Ecco di quali utili lumi possono essere le pubblicazioni di fatti appartenenti ad una scienza che ha tanto bisogno dell'esperienza!

147. Ma non basta conoscere il volume ed il peso che dovranno avere i massi per resistere immobili all'impeto delle procelle nel lido livornese, è necessario sapere ancora, per la parte economica del lavoro, fino a qual profondità si comunica attiva l'azione de' marosi, e per questa ricerca sono di aiuto l'esperienze di Brémontier, di La Beche, di Siau, di Aimè, ed altri. Alla fine del paragrafo 36 abbiamo in genere stabilito fin dove è sensibile siffatta azione, resta dimostrarlo e farne l'applicazione. Inoltre devono far seguito a questi studi quelli relativi alla estrazione de' scogli o costruzione de' massi, al trasporto e collocazione in opera di essi, in fine tutto ciò che abbraccia la interessante parte meccanica nella costruzione di un porto; per la quale parte, oltre alla magistrale opera del Cavalieri e di altri distinti ingegneri italiani e stranieri, quelle più recenti che trattano de' lavori di Algeri sono di molto apprezzabili.

148. Finalmente il lavoro non sarà compito se non si esamina la sicurezza del porto nel senso militare. Due specie di protezioni sono infatti indispensabili per un porto; quella che garantisce la navigazione contro gli elementi, quella che lo difende dagli attacchi del nemico. Della prima abbiamo discorso,

(2) Opera citata pag. 97. 98 e 99.

resta la seconda. Ma per lo scopo principale del presente scritto basterà ora notare, che delle opere di difesa esistenti nel porto di Livorno se ne può ricavar conveniente partito coll' esecuzione del progetto dell' antemurale, meno con quello sanitario riformato, e meno ancora col progetto Poirel.

149. Ricerche di questa natura, e per la loro difficoltà, e per la vastità loro abbiamo creduto riunire in altro scritto che farà seguito a questo, come abbiamo di già avvertito (104). Ivi, per quanto le nostre deboli forze lo permetteranno, saranno particolareggiati i titoli del profondamento dell' attuale porto di Livorno, quelli che abbracciano il vasto lavoro del nuovo porto, e quelli della sua nuova difesa militare.

30 Dicembre 1852. (1)

(1) Avendo preferito conservare il lavoro come venne presentato manoscritto, ne conserviamo altresì la data nella quale fu compito.

Appendice.

Esame del secondo progetto Poirel.

Conclusione.

150. Il cav. Poirel ci dà oggi un secondo progetto pel nuovo porto di Livorno, e lo dà, dicesi, perchè richiesto di un opera meno grandiosa della prima. Del primo abbiamo discorso negli articoli settimo e nono: esaminiamo ora il secondo. Saremo brevi, e l'esame cadrà soltanto su i risultati principali.

Questo progetto si compone di un antemurale e di un braccio o diga (fig. 5.): l'antemurale misura 1000 metri: la nuova diga 550: questa diga sporge in fuori, o sia sopravanza il molo Cosimo, più o meno quantità di metri, secondo la direzione del rombo di sinistra o di destra.

EFFETTI DEL MOTO ONDOSO IN QUESTO PROGETTO.

151. L'estremità ostro dell'antemurale dista dalla batterìa alla sassaia 730 metri e 400 dall'asse del fanale. Questo tratto costituisce la bocca di ostro dell'antemurale: esso per 200 metri è praticabile per i bastimenti, e tutto il tratto de' suddetti 730 metri lascia scoperto l'intero molo Cosimo ai marosi compresi fra ostro ¼ scirocco a libeccio. I due bracci

del fanale interrompono parte de' suddetti marosi, ma tanto gl' interrotti quanto quelli che liberamente percuotono il molo Cosimo ed il tratto di sinistra della nuova diga Poirel che sopravanza il molo, terranno agitato il mare lungo il ripetuto molo e nella nuova bocca dell' esistente porto. Così essendo, ci sembra poter desumere che il molo Cosimo dalla parte dell' antemurale resterà come oggi, inservibile per le operazioni commerciali, e che la nuova bocca dell' attuale porto sarà pericolosa assai, se non impraticabile, col soffiare de' venti regnanti e dominanti nel lido livornese.

Difatto i flutti compresi fra l'ostro ¼ libeccio e ostro-libeccio, che sono de' più potenti nel nostro lido (37), danno direttamente dentro la diga, e quantunque affievoliti pel passaggio dalla bocca sinistra dell' antemurale, pure si rifletteranno con molta forza nell' intero bacino del porto suddetto. (1) Nè vi si può porre a parer nostro conveniente riparo con prolungare il braccio di tramontana-maestro del fanale, come si potrebbe far credere: un tal prolungamento nel produrre del beneficio alla bocca del porto, darà più sviluppata risacca all' interno dell' antemurale ed il danno sarà maggiore del beneficio. Così se si prolungasse la testata ostro dell' antemurale, in modo da difendere la ripetuta bocca, si avvicinerebbe di troppo alla secca della

(1) I flutti di questi rombi vengono a percuotere direttamente dentro la diga Poirel sino a 200 metri circa dalla sua punta; e per il residuale grado di potenza da essi conservato, la ripercossione sarà risacca più dannosa di quella che ora soffre il porto dai venti di destra.

Piana. Dalla parte destra, cioè da tramontana della punta dell' antemurale il rombo compreso fra poponente 1/4 maestro e ponente-maestro urta la estrema punta del molo Cosimo, imbocca nel porto e vi produrrà la ben nota risacca di provenza. (1) Come nella sinistra così anche nella destra parte, se in avvenire si vorrà porre rimedio ad un male, si incorrerà in un altro. Dunque a noi sembra tale la condizione di cotesto progetto, che se si evita Scilla si cade in Cariddi.

152. Abbiamo veduto l' effetto delle risacche dal molo Cosimo ai bracci del fanale (73): or bene, essendo eguale la distanza dal detto molo al fanale e da questo all' antemurale, le risacche che nascono dalla percossa de' marosi, più potenti del nostro lido (dal 36 al 39), nel braccio di tramontana-maestro del fanale, saranno di danno a quei bastimenti che all' antemurale fossero ormeggiati, nella stessa guisa, ed anche più, che se ormeggiati fossero nell' interno de' bracci del fanale.

Ed in vero, nell'interno dell' antemurale si vedrà salire il mare sulle banchine e calata, con mag-

(1) Questa nuova bocca di 125 metri, stretta e mal diretta, nella maggior parte de' casi per le manovre de' bastimenti, è larga per il mare che scende dal detto rombo. Mare che, percuotendo l' estrema punta di tramontana del molo Cosimo, deve essere in parte riflesso e diretto alla metà circa della prossima diga Poirel, e da questa anche esso respinto nel bacino del porto. Come nel caso de' flutti della sinistra, così per questi della destra, cotesta bocca non farà che dividerli e comprimerli, ma lungi di essere da essa distrutti, i risultati delle ondulazioni riflesse e di quelle dirette, saranno sempre a carico de' legni in stazione nel bacino del porto.

gior veemenza di quella colla quale oggi sale sulla banchina e scala che conduce alla porta della torre del fanale. (1) E diciamo con maggior veemenza per due speciali motivi: 1.° perchè i marosi di ***libeccio***, senza aver incontrato per via verun ostacolo che ne reprima la potenza, percuoteranno nel suddetto braccio rettilineo del fanale, e con angolo il più adatto alla riproduzione e sviluppo del flutto verso il centro interno dell' antemurale: 2.° perchè difuori alla Piana ed al ripetuto braccio del fanale il fondo è a picco, mentre presso il molo Cosimo è a scarpa. (2) Quindi la stazione de' bastimenti all' antemurale Poirel, sarà a parer nostro, spesso assai incomoda e non di rado funesta.

(1) In conferma di quanto abbiamo detto sull'esistenza della risacca ai bracci del fanale, e per stabilire con competente autorità locale l'altezza del flutto reflesso contro le pareti interne di detti bracci, riportiamo un sunto di lettera scrittaci dall'esperto capitano della marineria ed ispettore generale de' fari toscani sig. Antonio Parenti. Ei scrive che, « *una forte risacca* succede fra il molo e moletti, (o bracci) del fanale..... la quale in certi casi ha persino montato la metà della scala che conduce alla porta del faro cioè 25 *piedi (metri 8,10) sopra il livello ordinario del mare.* » Cogliamo questa occasione per rendere grazie al sullodato capitano, il quale con costante gentilezza ci ha favoriti i suoi lumi sul lavoro di cui trattiamo.

(2) Non crediamo dover appoggiare colle autorità la differenza che, per il rimbalzo de' flutti, passa fra l' urto di essi in un ostacolo verticale, e l' urto in uno più, o meno inclinato; questa è nozione ovvia troppo per chi si occupa d' idraulica. Solo prevederemo la possibile idea di un rimedio: si potrebbe dire, *sarà demolito il braccio del fanale*, sia pure, ma in questo caso resterà sempre la Piana e la secca ove posa il fanale, e peggiorerà molto la già cattiva condizione della nuova bocca dell' attuale porto, perchè resterebbe molto più scoperta di quel che lo sia colla esistenza del braccio. Scilla o Cariddi

153. Come pure quei flutti che provenienti dalla destra percuoteranno la estremità della nuova diga dalla parte di fuori, contribuiranno a rendere, anche con i venti di destra, incomoda la stazione de' legni all' antemurale. Ma non è tutto. Tra le diverse specie di risacche, due sono le più nocive alla stazione de' legni ne' porti. Minard chiama l' una di *riflessione* e l' altra di *trasmissione laterale delle onde.* Queste due specie di risacche devono risultare dalla percossa de' flutti nello sporto del suddetto braccio: la prima agirà, come abbiamo detto, all' antemurale; la seconda al molo Cosimo, ed in alcuni casi anche dentro l' attuale porto, come si desume dall' utile raccolta di esempi di altri porti, dovuta al sullodato commendator Minard. (1) In oltre nel nostro porto, così ridotto dal Poirel, questa specie di risacca sarà incomoda anche più quando essa proverrà dalla percossa de' flutti di sinistra nella punta ostro dell' antemurale, nei bracci del fanale e nella punta del molo Cosimo; in questi casi essa agirà pur anche lungo il nuovo braccio o diga.

154. Dunque come per i flutti diretti così per quelli delle risacche crediamo, che l' antemurale e la diga Poirel, il molo Cosimo ed il bacino del porto di Livorno daranno risultati difettosissimi.

(1) Opera più volte citata dalla pag. 21 a 28. Anche nel citato lavoro dell' ingegnere Bellinger si trovano osservazioni e dimostrazioni utilissime, per antivedere gli effetti che produrranno le onde nell'opere del progetto in discorso.

EFFETTI DELLE MATERIE.

155. Abbiamo veduto che la massa maggiore delle materie ostruenti, rade il molo Cosimo da sinistra a destra (51, 54 e 57); dunque noi abbiamo per dimostrato ch' essa nel suo moto naturale sarà interrotta dallo sporto che ha la diga Poirel sul molo Cosimo: (1) quindi la maggior parte delle citate materie per effetto delle descritte risacche, e per la tendenza naturale a trattenersi nei bacini più calmi, si depositerà nell' attuale porto; il rimanente scorrerà lungo la nuova diga per depositarsi come appresso. Se il moletto sarà conservato, l' arena che fà parte di questa rimanenza di materiali si radunerà prima nei lati che tendono a formare l' angolo fra la nuova diga ed il moletto, e chiuso che l' abbia, si spanderà nella darsena e nel porto. (2) Se si farà la spesa di togliere

(1) Per stabilire lo sporto della diga atto a rattenere i materiali provenienti dalla bocca di sinistra, si tiri una linea dalla punta di ostro dell' antemurale Poirel alla punta di tramontana del molo Cosimo e s'incontrerà la diga presso che al piede di essa, cioè a 460 metri dalla sua testa di libeccio. Questo sporto resterà ancora di 200 metri per uno de' venti più potenti che obbligano le materie a radere il molo Cosimo (37): e se per gli altri si presenta meno inoltrato in mare, lo è sempre abbastanza a raccogliere rilevanti masse di materiali ostruenti per la distanza che ha la punta della diga da quella del molo: distanza che non può diminuirsi perchè è già poca per altri principali bisogni della navigazione, cioè per quelli dell'entrare ed uscire dal porto.

(2) Si potrebbe credere che la corrente non permetterà che si formi interrimento nel detto angolo perchè aperto. Noi crediamo che la corrente in cotesto punto non possa aver forza da spazzare i materiali pesanti che vi si dirigeranno; tutto al più potrà ritardare alquanto l'effetto accennato.

il moletto, il primo deposito avrà luogo verso la spiaggia (let. B fig. 5.). Allora la spiaggia non si avanzerà più secondo le naturali tendenze lungo tutto il lido, ma si avanzerà di più verso il porto; perchè le materie verranno guidate e costrette dalla nuova diga a fermarsi in questa ultima direzione. Colmato che abbiano la breve distanza che stacca la diga dalla spiaggia contribuiranno potentemente, come nel primo caso, a colmare la darsena ed il porto. Gli esempi da noi citati ai paragrafi 62, 65, 67, 68, 69, 70, 72 e 74 sono, alcuni in genere ed altri in specie, tutti applicabili alla nuova diga Poirel.

156. A maggior convinzione aggiungiamo un'altro esempio locale. Nel 1812 essendo la Toscana occupata dai francesi fu ordinato da quel governo di ampliare e migliorare il porto di Livorno. Un molo proposto dal signor Garella, ingegnere in capo del Dipartimento del Mediterraneo, doveva difendere il porto dalla parte destra e garantire l'imboccatura del medesimo dal vento di provenza. In una parola fare l'ufficio a cui è destinato il braccio o diga del Poirel. « Il capitano del porto sig. Ranieri D'Angiolo protestò contro quel lavoro, e ne insorse scissura col Garella che aveva fatto costruire buon tratto del

Noi abbiamo fatto apposite esperienze presso il detto moletto e dentro e fuori; quindi argomentiamo con cognizione di causa; e solo perchè la nuova diga potrà conservare la corrente alquanto vegeta, ammettiamo che questa possa aver valeggio a convogliare la parte de' materiali leggeri alla prossima spiaggia. Ma si ammetta pur che abbia forza bastante da spazzare l'intera massa de' materiali, questi saranno depositati all'attigua spiaggia presso il punto B.

molo suddetto. Il D'Angiolo sosteneva che il nuovo molo avrebbe fatto interrire il porto con depositi di alga. La questione fu discussa a Parigi nel consiglio dei ponti e strade di cui faceva parte Prony, e dopo sei mesi circa fu ordinata la demolizione del molo in costruzione, perchè in fatto avevano già avuto luogo degli interrimenti di alga ». Si potrebbe dire che il molo Garella prendeva piede alla fortezza vecchia, mentre la diga Poirel è staccata dal lido: ma il difetto dell' opera Garella o Poirel non è difetto nell'attacco, è difetto di posizione della estremità superiore. La testata di fuori, ossia quella inoltrata in mare, dell' una e dell' altra opera non coprendosi colla punta del molo Cosimo da tutti i venti di sinistra fino al ponente, deve rattenere i materiali d' interrimento e somministrarli al porto, alla darsena ed alla attigua spiaggia.

Finalmente abbiamo veduto che anche da destra, e dal vicino e torbido Calambrone provengono materiali d' interrimento (107, verso il fine); quindi da questa parte ancora sarà sollecitato l' avanzamento di detta spiaggia. Lo ripetiamo, la poca distanza del piede della diga Poirel dal lido, la sottile profondità dell' acqua dal detto piede alla spiaggia, la niuna azione delle onde di sinistra in questo punto nell' interno della diga, e quella potente de' flutti da ponente-libeccio a destra che liberamente si sviluppano verso il piede esterno della diga medesima, sono tutte cause di sollecita colmata nel perimetro circoscritto dal ripetuto piede, dall' interrimento del Marzocco, e dalle mura del fabbricato della città.

157. Questa diga Poirel oltre ad essere dannosa al porto la crediamo anche inutile al commercio. Per gli effetti delle onde dirette, per quelli delle risacche, e per essere barriera alle materie che dalla parte sinistra provengono, non permetterà presso di essa, conveniente ed utile stazione ai bastimenti.

158. Anche l'antemurale non sarà esente da rilevante interrimento: le risacche del braccio del fanale faranno quello stesso lavoro d'interro che abbiamo dimostrato operato dalle risacche del molo Cosimo ai bracci del fanale (72 e 73), e la curva tanto insenata del ripetuto antemurale deve rattenere i materiali che dalle suddette risacche le saranno inviati, e quelli pur anche che le correnti vi condurranno.

159. Dunque e per gli effetti del moto ondoso, e per quelli delle materie, il nuovo progetto ci sembra, come il primo, condannabile.

EFFETTI NAUTICI

160. Nell'antemurale sarà facile l'accesso ed il regresso ai bastimenti dalla parte di tramontana, ma non può dirsi così dalla parte di ostro. La secca della Piana, il rettilineo braccio del fanale che si inoltra dentro l'antemurale con direzione tramontana-maestro, e le conseguenti risacche che fra questi ostacoli e la punta dell'antemurale si debbono verificare, renderanno in alcuni casi molto incomoda cotesta bocca. Realmente cattiva sarà poi quella dell'attuale porto. Lo sporto e la giacitura del nuovo

braccio o diga Poirel renderanno impossibile l' uscita e l' entrata in questo porto nei casi di mare molto agitato. In quelli di tempo mite l' accesso ed il regresso sarà spesso molto incomodo, ed alcune volte anche impraticabile senza aiuto di persone estranee al bastimento, o di straordinarie manovre. E questi inconvenienti e danni saranno molto sensibili per i piccoli bastimenti impiegati al giornaliero commercio: ed il movimento commerciale fra cotesto antemurale e la città sarà incomodo assai più, e più spesso e più lungo tempo interrotto, di quel che accada in altri antemurali.

Difatto, tutti gli antemurali hanno davanti ad essi un vasto tratto di mare, o almeno l'intero bacino del porto, onde quella parte de'flutti che s' introduce dalle due bocche, possa avere il massimo possibile sfogo senza pregiudizio, o col minimo possibile, degli antemurali stessi se si vogliono praticabili, e dell'attiguo porto. Il solo antemurale Poirel ci sembra che formi eccezione a questa utile vista: i flutti che entrar dovranno dalle sue bocche si troveranno ristretti dai bracci del fanale, da tutto il molo Cosimo e dallo sporto della diga: respinti in più direzioni da cotesti ostacoli, tutti rettilinei, ed obbligati a cozzare fra essi, terranno nelle procelle agitatissima la superficie circoscritta da coteste opere. In questi casi, ammesso che i legni possino stanziare all' antemurale, è facile convincersi che veruna comunicazione sarà possibile fra l' antemurale e l' attuale porto.

Soffiando miti i venti del largo non si creda che resti calma la suddetta circoscritta superficie;

anche in questi casi essa sarà mossa dalle onde *titubanti* come le chiama Leonardo o *clapoteuses* come le dicono i francesi, comunemente conosciute sotto il nome di maretta. Quindi anche in tali frequenti circostanze sarà interrotta la comunicazione fra l'antemurale ed il porto per i navicelli e per le barchette cariche.

Nella brevità che ci siamo proposta, non entreremo a particolareggiare i bisogni d'una barca a vapore in attività, di un bastimento alla vela e quelli de' piccoli legni addetti al giornaliero commercio di pesca o di altro, onde dimostrare per ogni specie di essi i danni che dai suddetti difetti dovranno risentirne. Le persone dell'arte, senza più, ne saranno convinte: quindi solo rammenteremo che anche in questo progetto non si è per lo meno dato il peso che merita al *gran principio,* che ***tutto*** in un porto di mare dev' essere subordinato alla facilità dell' entrata e dell' uscita (96, in fine).

161. In conclusione, dai fatti sopra esposti e dalle necessarie conseguenze che abbiamo dovuto dedurne risulta, che il nuovo progetto Poirel a parer nostro è sotto ogni rapporto condannabile, e più ancora del primo. Ed in vero il porto che risulta dal primo progetto, una volta che i bastimenti vi fossero potuti entrare, avrebbe almeno dato ad essi tranquilla stanza; ma nel secondo, neppur questa unica condizione può risultare per la difettosa posizione e disposizione delle opere che lo costituiscono.

162. Si potrebbe da taluno dire: il vostro antemurale andrà soggetto a eguali difetti di quello Poi-

rel. Domandiamo perdono. Davanti al nostro (fig. 4.) si apre vasto spazio per dare sfogo a quella residuale potenza de' flutti ch' entreranno dalle sue bocche. Con ciò si avrà molto più facile approdo nel nostro che in quello Poirel, e si avrà molto meno interruzione di commercio fra la città e il nostro antemurale, e niuna interruzione per i legni da pesca. Le Paranze, per esempio, col nostro progetto, potranno con qualunque fortunale scegliere a piacere l' approdo nell' antemurale o nell' attuale porto; con quello di Poirel non potranno approdare che all' antemurale.

La distanza della punta del nostro antemurale più prossima al molo Cosimo è di 600 metri, mentre quella dell' antemurale Poirel è di 420 (fig. 5). La punta di tramontana del nostro dista 1250 metri dalla punta del moletto da noi proposto, mentre quella del Poirel soltanto 290 metri dalla testa della sua diga. La distanza dalla Piana alla testata dell'antemurale Poirel è di 270 metri; questi due punti nel nostro progetto lasciano 400 metri di luce. Queste distanze, la loro differenza e la diversità nella direzione, di cui ora parleremo, devono aversi molto a calcolo negli effetti delle risacche.

Dalla metà del braccio di tramontana del fanale traguardando la punta ostro del nostro antemurale si troverà presso che in angolo retto con il libeccio, cioè per ponente 30.° maestro; mentre che quella del Poirel corrisponde dallo stesso punto e collo stesso vento in angolo acuto, cioè per ponente 20° libeccio. Questa diversa posizione influisce molto

sull'effetto delle risacche. (1) Che se in pratica risultasse incomoda la stazione de' legni nel nostro antemurale vi si può con convenienza provvedere prolungando alquanto la scogliera alla Vigliaia; un eguale rimedio al piccolo antemurale Poirel è troppo gravoso: noi avendo preveduto il caso abbiamo, al paragrafo 126, accennato al rimedio; Egli ne avrà sentito il peso. (2) Ad opera compita se, come dicevamo, nel nostro antemurale non si godrà conveniente calma si potrà anche porvi rimedio senza prolungare la suddetta scogliera. Nelle due punte di questo antemurale si potranno fare quelle aggiunte che meglio piacerà. Per esempio un molo arcuato di cento metri diretto per levante ed innestato alla punta ostro del nostro

(1) Nel luogo di cui si tratta, per la limitata profondità dell'acqua (36), la natura primitiva dell'onda (24) viene alterata, perchè lo sviluppo di essa è interrotto dalla reazione del fondo. Quindi una parte del moto verticale di ondulazione si trasforma in velocità orizzontale, e di significante azione. Or bene, di questo fenomeno si faccia applicazione alle distanze diverse, ed alle diverse direzioni de' due antemurali dall'ostacolo riflettore del flutto, e si troverà quanto sia benefico anche il flutto diretto nel caso del nostro antemurale. Questo flutto incontrando quello riflesso in angolo quasi retto, non aumenta difficoltà all'approdo de'legni, e facilmente devìa il suo avversario dalla primitiva direzione che lo conduceva verso l'antemurale. Questi benefici effetti non possono aver luogo nel caso dell'antemurale Poirel; perchè i due flutti incontrandosi in angolo acuto, il cozzo di essi farà aumentare d' assai l'agitazione nella bocca di approdo, e perchè quello riflesso è poco dopo abbracciato e difeso dall'attiguo antemurale, e così può dentro di questo, senza ulteriore contrasto, sviluppare la sua dannosa azione contro i bastimenti che vi fossero ormeggiati.

(2) Certo che la fondazione di un 500 metri di scogliera per difendere da questa parte l' antemurale Poirel non è compensata da soli 700 metri di banchina utile che in tutto esso darebbe; ben inteso se non avesse altri difetti.

antemurale potrà al certo togliere ogni specie di risacca che potesse risultare dai venti più nocivi del nostro lido senza cadere in verun inconveniente. Questo comodo non si può avere nell' antemurale Poirel, perchè la punta di esso è addosso alla secca della Piana. Cariddi o Scilla. Ma a che perder tempo in questo paralello? Noi abbiamo preferito altro progetto; e non senza grave motivo abbiamo nel paragrafo 139 concluso che *tutto visto, e tutto calcolato terminiamo per preferire il progetto sanitario riformato a quello del nostro antemurale.*

RISULTATI ECONOMICI DEL NUOVO PROGETTO POIREL

163. Il nuovo progetto Poirel misura in tutto 1550 metri di moli. Ora, prendendo lo stesso Poirel a modello (132) troveremo che bisognano circa otto lustri per avere l' opera compita, e 15 milioni e mezzo di franchi di spesa. (1) Per il tempo resta adunque sempre preferibile la prima parte del nostro progetto (137): nè questo secondo progetto Poirel è meglio divisibile del primo (136) (2). Per la spesa questo nuovo

(1) È vero che 550 metri del suddetto molo, cioè quelli che costituiscono la diga, si devono fondare in luogo meno esposto dell'antemurala alla percossa de' flutti, ed in profondità di acqua quasi la metà minore di quella in cui Poirel fondò in Algeri il molo preso a modello, ma è altresì verissimo che gli altri 1000 metri, cioè l' antemurale, si devono fondare in quantità di acqua il doppio maggiore di quella in cui il ripetuto Poirel fondò in Algeri.

(2) Se per esempio si costruisce prima la diga, questa permetterà a tutti i marosi di entrare riflessi nel bacino del porto, e quelli di ponente e suoi affini v' imboccheranno direttamente. Se si fonda prima l' antemurale, il porto stesso resterà come oggi aperto dalla destra per tutto il lungo tempo del lavoro.

progetto potrebbe meritare confronto con i nostri, ma non così per l'utilità. Noi non crediamo necessario istituire paralello di utilità fra questo e quelli, perchè dall'esame di questo nuovo progetto ci sembra risultare che le banchine da esso sviluppate, si debbono ritenere presso che interamente inutili al movimento commerciale: quindi solo aggiungeremo qualche altro schiarimento sulla spesa.

164. Sentiamo ripetere per Livorno e per Firenze che la perizia del sullodato Poirel per il nuovo progetto ascende a sei milioni, anzi ci si assicura che tolte da essa alcune opere accessorie, come due serie di magazzini da lui progettati sul molo Cosimo, la suddetta cifra è ora ridotta a soli quattro milioni: dunque noi, basandoci sul fatto di Poirel, diciamo 15 e mezzo, mentre la voce sparsa dice 4; la differenza non è piccola! Ma in fine, se fosse vera, che maraviglia? Non sarebbe il primo, e non sarà l'ultimo preventivo che terminato il lavoro non confronti col consuntivo. Ci consola però che questo titolo non è uno degli oggetti primari de' nostri attuali studi, e che ci è chi ci pensa senza bisogno di noi e della rigorosa legge di Efeso per gli architetti, che da taluno si vorrebbe in vigore. (1)

(1) Si legge in Vitruvio „ In Efeso, celebre e grande città della Grecia, si dice, che fosse stata dagli antichi fatta una legge dura sì, ma non ingiusta; che l'architetto cioè, quando prende a dirigere una opera pubblica, debba assicurare della spesa, che vi può occorrere; e consegnatone l'apprezzo, si obbligano i suoi beni presso il magistrato, finchè sia compita l'opera. Finita questa, se la spesa batte coll'apprezzo, resta assoluto, e premiato con decreti di onore: anche se si spendesse fino a un quarto di più si aggiunge all' apprezzo fatto se gli

Ma quantunque in questo scritto il nostro scopo non sia quello di occuparci della spesa, pure essendo stati obbligati a citarla per istituire confronto fra un progetto e l'altro, crediamo nostro dovere trattenerci anco un poco su questo titolo.

Per stabilire il paralello di tempo e di spesa per i lavori del nuovo porto, noi, ond'essere in perfetta armonìa col cav. Poirel, ci siamo serviti de' risultati di fatto da lui stesso registrati e resi di pubblica ragione; e ci sembra aver nel paragrafo 133 condonato abbastanza per non cadere nella taccia di parzialità favorevole alla nostra applicazione; nulladimeno si potrebbe osservare che il costo di alcuni materiali posti in Livorno è minore di quelli posti in Algeri. Ma noi rispondiamo che l'economìa risultante da questa verità, viene assai compensata dalle concessioni che abbiamo già fatte nel suddetto paragrafo. E se ciò non si crede sufficiente aggiungeremo, che come pel materiale si avrà minore spesa in Livorno, così in Algeri si è avuta spesa minore per il personale. Difatto, presa soltanto ad esame la classe più numerosa, risulta dagli stati de' lavori eseguiti in Algeri che oltre due terzi del personale impiegato si è tolto dai militari condannati i quali, *tutto compreso,*

somministra dal pubblico, e non è tenuto a pena veruna: ma se vi si consuma più di un quarto, per tutto il complimento si cava da' di lui beni il danaro. Oh se gli Dei immortali facessero, che fosse questa legge stabilita pure per il popolo Romano, non solo per gli edificj pubblici, ma eziandio per i privati! Mentre così non saccheggerebbero impunemente gl'ignoranti, ma senza dubbio farebbero gli architetti solo coloro, che sono pratici per la gran sottigliezza del sapere ec. „ Opera ed edizione citata pag. 222.

non hanno costato più di 75 centesimi ogni dieci ore di lavoro; *c'est-à-dire que la journée de travail du condamné était à peu près deux fois et demi, moins chère que celle du manœuvre civile qui coûtait moyennement un franco e* 85 *centesimi.* (1) Questa rilevante economìa, ottenuta anche su persone idonee ai lavori e tanto vantata dallo stesso Poirel, non si può avere in Livorno. Ma se tutto ciò non basta ancora, aggiungeremo in fine, sempre guidati dal Poirel, che l'applicazione da noi fatta sarà tanto meglio appropriata al caso di Livorno, perchè del Poirel si parla e perchè egli stesso conclude che i prezzi che risultano dall'opera di Lui, *bien que relatifs à la ville d'Alger, sont, à quelques différences près, sensiblement applicables à nos ports de la Méditerranée.* (2)

Dunque non potendosi porre in dubbio l'esistenza del fatto e del detto di Poirel, crediamo esserci con prudenza e giustizia regolati se abbiamo preso per norma di quanto si deve fare, ciò che egli stesso fece e disse. In questo titolo poi non si può, nè si deve pretendere precisione matematica: la stessa legge di Efeso ammette, ne' limiti di un quarto, l'incertezza.

PARALELLO IDRODINAMICO, NAUTICO E COMMERCIALE FRA IL NUOVO PROGETTO POIREL E QUELLO DA NOI PREFERITO (3)

165. Il progetto sanitario riformato è per la posizione e per la forma una ripetizione dell'attuale

(1) Poirel, opera citata pag. 101.

(2) Opera citata pag. 63.

(3) Questo è il sanitario riformato (113 e 139) e figura 2.

porto. Lunga esperienza prova che la stazione in questo porto può dirsi eccellente con i venti di sinistra fino al ponente; dunque il sanitario lo dev'essere egualmente. Non può dirsi così del nuovo Progetto Poirel; noi lo riteniamo molto difettoso con questi venti tanto nell'antemurale che nell'attuale porto; e crediamo averlo dimostrato (151 e 152).

Con i venti di destra l'esistente porto di Livorno ha grave difetto, quindi quello sanitario lo avrà egualmente, anzi di più perchè non ha il banco nel centro che rende beneficio al porto attuale. Ma a ciò noi abbiamo provveduto con i spezza flutti; nè può dubitarsi dell'efficacia del rimedio, perchè si porrebbe in dubbio il buon ufficio degli antemurali, il quale sicuramente non può mancare quando coprono tutta la superficie che si vuole difesa. Non così può dirsi del nuovo progetto Poirel; noi crediamo aver dimostrato che anche i venti di destra agiscono a danno del medesimo (153).

Dunque risulta che il nostro progetto è ben difeso da ogni direzione e specie di moto ondoso, che le nostre osservazioni basano su fatti incontrastabili e che quello del Poirel è sotto questo titolo difettosissimo. Che se non si voglia dar peso di verità alle nostre dimostrazioni, nè credere pienamente agli effetti delle onde dirette e delle risacche, da noi presagiti al progetto Poirel, veruno potrà proporre convincenti dimostrazioni in contrario, e tutti dovranno per lo meno dubitare della felice riuscita del detto progetto. Lo che nel caso nostro deve far propendere a favore del progetto sanitario, la di cui

felice riuscita è assicurata da quella di opere eguali. Esaminiamo adesso i due progetti sotto il rapporto degli interrimenti.

166. L'attuale porto di Livorno, che conta oltre due secoli di vita, per la felice direzione del molo Cosimo si è salvato dalle affollate masse di materiali ostruenti dalle quali è costantemente assalito: ed il debole annuo spurgo ha conservato i fondali pressochè nel primitivo stato. (1) Dunque il nostro nuovo porto avendo un egual molo ed essendo egualmente disposto deve egualmente essere difeso dagli interrimenti. Non così può dirsi del nuovo porto Poirel: se le risacche hanno riempito di alighe i bracci del fanale, devono riempire l'antemurale Poirel. I flutti che han formato l'interrimento al molo Garella, al Marzocco, e in tutti gli altri posti da noi citati, devono, in forza della diga Poirel, interrire l'attuale porto (155 e 156). (2) Che se anche su questo capo non si voglia dar peso di certezza alle nostre dimostrazioni quantunque basate sopra fatti locali, si dovrà concepire

(1) È noto che il banco nel centro del porto ha sempre esistito: esso è di formazione identica alla così detta *panchina* che abbonda nel lido livornese.

(2) Lo scopo de'nostri spezza flutti è eguale a quello della diga Poirel, cioè la difesa del lato destro; ma crediamo far torto al buon senso il supporre la credenza che anche essi possano essere nocivi. La nostra linea di difesa è divisa in due pezzi, quella del Poirel è di un solo: la nostra ha direzione ben diversa dall'altra: la nostra è interamente esposta e sommergibile a tutti i marosi del nostro lido, i quali debbono spazzare e condur seco le materie, quella del Poirel ha il piede nella parte interna con mare sempre calmo: la nostra infine è in molta maggior profondità di acqua e in molta più distanza dal lido di quel che lo sia quella di Poirel.

per lo meno rilevanti dubbi sull' esito felice del progetto Poirel. E questi in oggetto tanto rilevante devono far preferire per la ragione antedetta il progetto sanitario a quello di Poirel. Passiamo agli effetti nautici.

167. L' approdo all' antemurale Poirel è da una parte comodissimo, dall' altra passabile, e così certamente è per lo meno anche nel nostro nuovo porto. Ma l' entrata e l' uscita nell' attuale porto migliora assai col nostro progetto; perchè può quasi considerarsi coperta da ostro a maestro come se fosse tutto un antemurale. Colla diga Poirel l' entrata e l' uscita peggiora di molto (160). E se anche in questo rapporto si volesse dubitare noi ripeteremmo la precedente conclusione.

168. Prendiamo finalmente ad esaminare il progetto Poirel sotto un aspetto a portata anche delle persone prive di sapere idraulico-nautico. Concediamo, in ipotesi, che quel progetto non abbia i difetti da noi dimostrati, che anzi sotto il rapporto idrodinamico e nautico sia tanto buono quanto quello da noi preferito (105, 113 e 139). (1) Trascuriamo per il tempo e per la spesa il modello ch' egli ci dà del suo lavoro in Algeri. In una parola prendiamo a considerare soltanto la lunghezza de' moli e la rispettiva utilità commerciale. Avremo,

(1) Cioè il nuovo moletto da noi proposto all' attuale porto, ed il progetto sanitario riformato, ossia quanto è dimostrato dalla figura 2, meno il braccio che costituisce la nuova darsena, perchè il Poirel non la dà in questo progetto. Noi per maggior semplicità cediamo anche il beneficio della suddetta darsena.

NUOVO PROGETTO POIREL

Antemurale lungo	1000	banchina servibile	700
Diga.	550	Idem	300
TOTALE. .	1550	TOTALE. .	1000

PROGETTO SANITARIO RIFORMATO

Molo Leopoldo . .	500	banchina servibile	350
Spezza flutti . . .	700	Idem	. . .
Tratto per chiudere il passo fra il fanale e il lazzaretto (1) .	30	Idem	100
Nuovo moletto. .	320	Idem	200
TOTALE. .	1550		

Il molo Cosimo meno 150 metri alla punta	662
I due bracci del fanale	346
Braccio all'imboccatura del lazzaretto . . .	125
TOTALE. . . .	1783

(1) Questo tratto sarebbe più lungo cioè di 100 metri, ma esso è in punto di poco fondo, e non ha bisogno di essere difeso da scogliera, perchè sarà subito difeso dal naturale interrimento (83).

Da questa semplicissima dimostrazione che parte anche essa da fatti e che non ammette dubbio veruno, risulta che ambedue i progetti hanno bisogno di 1550 metri di molo, ma quello sanitario riformato produce 1783 metri di banchina, mentre quello di Poirel ne dà soltanto 1000. Dunque se per entrambi sarà eguale la spesa ed il tempo per costruirli, (1) quello sanitario è circa quattro quinti più utile dell'altro perchè somministra in più 783.^{m} di spazio utile al commercio (138 verso il fine).

Se a questa utilità uniamo quella di essere il nostro nuovo porto innestato al vecchio, e l'altra di avere, senza veruna spesa ed in ogni tempo, praticabile la comunicazione interna per il canale del lazzaretto, noi aggiungeremo gran peso al di già molto che fa traboccare la bilancia dalla nostra parte.

Dunque mal non ci apponemmo se nel paragrafo 163 abbiamo detto non essere da istituirsi paralello di utilità fra un progetto e l' altro. Abbandonata in fatti l' ipotesi di sopra ammessa, ci troveremo convinti che anco il secondo progetto Poirel è sotto d' ogni rapporto senza paragone inferiore al progetto sanitario riformato.

(1) Rammentiamo che 700 metri del progetto sanitario non devono essere praticabili (85), quindi il loro costo e tempo è molto minore di quello necessario alle altre parti del progetto, e specialmente in confronto all' antemurale Poirel

CONCLUSIONE

169. Quando ci dispiacque trovarci astretti a disapprovare il primo progetto del cav. Poirel ci consolava alquanto il riflesso che quello fosse stato parto immaturo (102). Supponemmo allora ch' egli per dare, senza frapporre tempo, un disegno che figura di porto avesse, non aveva fatto precedere l' indispensabile studio della località. Ma oggi, dopo che il sullodato Poirel ha consumato un anno di stazione in Livorno, dopo che ha potuto disporre a piacere di uomini e di cose, governative e private, nel trovarci obbligati a disapprovare anche questo secondo progetto, non possiamo aver più quel compenso. Oggi il dispiacere è dunque tanto più intenso perchè oggi ci assale il timore che possa accadere in Livorno quanto è accaduto altrove. Quindi ci crediamo in dovere di procurare che non accada. Ci spieghiamo.

Abbiamo veduto che il governo francese dopo aver riparato l' antico e piccolo porto di Algeri volle nel 1838 crearne uno militare (20). Il cav. Poirel che fin dal 1833 era direttore de' suddetti lavori di restauro del vecchio porto, venne incaricato del progetto del nuovo. Quando questo progetto era già stato non solo approvato ma benanche cominciato ad eseguire, furono promossi dubbi sulla di lui plausibilità. Ciò bastò perchè il governo francese inviasse sui luoghi l' ispettore generale Raffeneau de Lile, sul di cui rapporto ed al seguito di matura discussione e della deliberazione del consiglio generale de' ponti

e strade, il progetto venne cambiato. (1) Questo fatto ci prova che anco i concetti degli uomini distinti, come il cav. Poirel, ponno meritare notevoli modificazioni perchè *le génie et la science ne sont pas encore l'expérience.* (2)

Intendesi che con questo noi non vogliamo sentenziare che il distinto architetto tanto in Algeri quanto in Livorno abbia mal concepito; noi ci arrogheremmo un sapere ed un diritto che non abbiamo. Ma da quel che abbiamo riportato sul fatto di Algeri, e da quanto abbiamo esposto in questi studi sopra i due progetti presentati dal cav. Poirel per Livorno, ci sembra di aver potuto porre in dubbio l'esito felice e la convenienza commerciale del di lui secondo progetto. Anche il solo dubbio sarà largo compenso al nostro lavoro. E noi siamo contenti di questo.

171. Perchè una volta messo in dubbio il merito del secondo progetto, siamo sicuri che l'avveduto ed accurato governo toscano disporrà, come quello francese, che competente consesso giudichi la questione (7, 19 e 20).

Ciò non deve punto sospendere i lavori preparatori incominciati; essi, possono essere continuati anche in proporzioni più estese. Inoltre siamo certi che questa proposizione incontrerà piacevole acco-

(1) *Notice nécrologique sur M. Raffeneau de Lile, décédé à Paris, le 10 avril 1843.* Par M. Néhou, ing. en chef. Annali citati 1844 primo sem. pag. 12.

(2) Goury, opera citata, nella prefazione. Il distintissimo ing. Noel, direttore de' lavori idraulici di mare, non si sazia nei suoi dotti scritti di ripetere l'adagio, *expérience passe science.*

glienza da parte del sullodato Poirel. Egli, se sicuro del fatto proprio, si sentirà chiamato a cingere di nuovi allori il suo già chiaro nome; che se sicuro non fosse, non solo dovrà piacergli la nostra proposta, ma sì bene dovrà volerne l' effettuazione, perchè non si tratta soltanto del di lui nome, ma della convenienza di questo Governo, di una gran somma di denaro, e dell' avvenire di questo paese.

Di Firenze 9 Aprile 1853.

A. Cialdi.

ERRORI	CORREZIONI
Pag. 12 lin. 26 porto Barato	porto Baratto
» 25 » 21 *ferbuche*	*festuche*
» 53 » 24 Marozzi	Morozzi

14 12 Erba 3

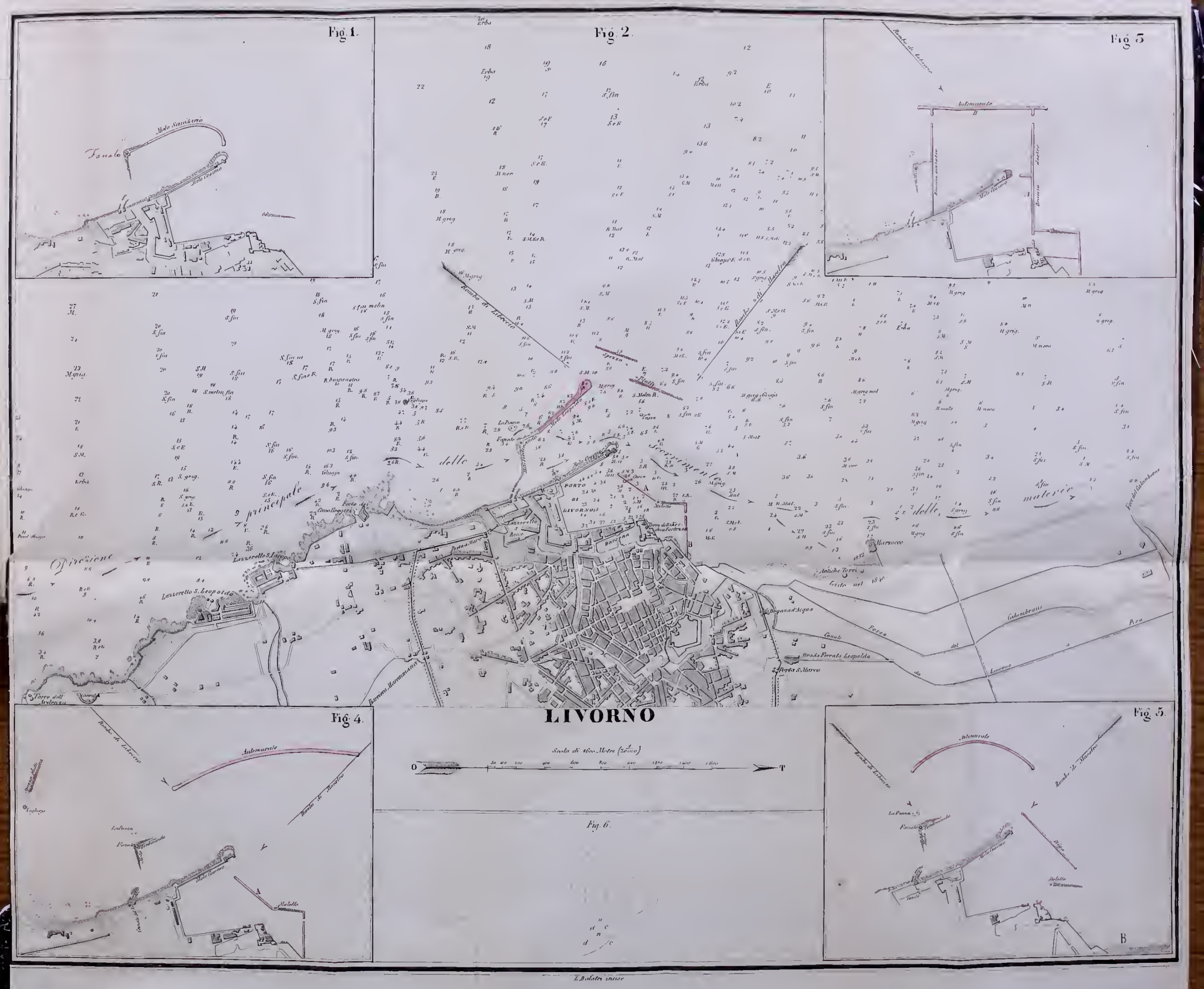
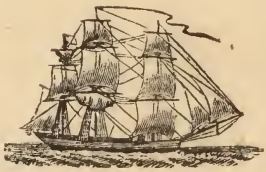


Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5.
Fig. 6.
LIVORNO
Scala di 1000 Metri
Molo Mediceo
Molo Leopoldo
Molo Cosimo
Fanale
Lazzeretto S. Leopoldo
Lazzeretto S. Lorenzo
Porto Mediceo
Porto Leopoldo
Porto S. Marco
Forte dei Cavalleggeri
Torre dell'Antenna
Torre della Vecchia Fortezza
Darsena
Marzocco
Antiche Torri
Strada Ferrata Leopoldo
Canale
Fosso
Calambrone
Fosso del Limone
Fosso Navicelli
Fosso Maestro
Fosso Scolmatore
Fosso Ardenza
Fosso Macinante
Fosso Reale
Fosso Tagliato
Fosso Spirito Santo
Fosso Ugione
Fosso Guardia
Fosso Tombone
Fosso Maremmano
Fosso Colombaio
Fosso Cigna
Fosso Ciano
Fosso Cecina
Fosso Pecora
Fosso Cornia
Fosso Bruciato
Fosso Cerbaia
Fosso Ferrato
Fosso Ferrato Nuovo
Fosso Ferrato Vecchio
Fosso Ferrato Mezzo
Fosso Ferrato Basso
Fosso Ferrato Alto
Fosso Ferrato Grande
Fosso Ferrato Piccolo
Fosso Ferrato Lungo
Fosso Ferrato Corto
Fosso Ferrato Largo
Fosso Ferrato Stretto
Fosso Ferrato Dritto
Fosso Ferrato Torto
Fosso Ferrato Pieno
Fosso Ferrato Vuoto
Fosso Ferrato Secco
Fosso Ferrato Umido
Fosso Ferrato Caldo
Fosso Ferrato Freddo
Fosso Ferrato Chiaro
Fosso Ferrato Scuro
Fosso Ferrato Bianco
Fosso Ferrato Nero
Fosso Ferrato Rosso
Fosso Ferrato Verde
Fosso Ferrato Giallo
Fosso Ferrato Azzurro
Fosso Ferrato Grigio
Fosso Ferrato Marrone
Fosso Ferrato Viola
Fosso Ferrato Rosa
Fosso Ferrato Arancio
Fosso Ferrato Cremisi
Fosso Ferrato Porpora
Fosso Ferrato Indaco
Fosso Ferrato Violaceo
Fosso Ferrato Bluastro
Fosso Ferrato Verdastro
Fosso Ferrato Giallastro
Fosso Ferrato Rossastro
Fosso Ferrato Nerastro
Fosso Ferrato Bianchiccio
Fosso Ferrato Grigiastro
Fosso Ferrato Marronastro
Fosso Ferrato Violaceo
Fosso Ferrato Rosaceo
Fosso Ferrato Arancioso
Fosso Ferrato Cremisino
Fosso Ferrato Porporino
Fosso Ferrato Indacino



UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 107559277